



DISSERTAÇÃO

**DINÂMICA DO NITROGÊNIO E DISPONIBILIZAÇÃO
DE NUTRIENTES NO CULTIVO CONSORCIADO DE
ADUBOS VERDES COM ALFACE**

ROGÉRIO HARUO SAKAI

Campinas, SP
2008

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

INSTITUTO AGRONÔMICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA
TROPICAL E SUBTROPICAL

DINÂMICA DO NITROGÊNIO E DISPONIBILIZAÇÃO
DE NUTRIENTES NO CULTIVO CONSORCIADO DE
ADUBOS VERDES COM ALFACE

ROGÉRIO HARUO SAKAI

Orientador: Edmilson José Ambrosano

Dissertação submetida como requisito parcial para a obtenção do grau de **Mestre** em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Tecnologia da Produção Agrícola

Campinas, SP
Junho 2008

Aos meus pais
Mauro e Neide,
DEDICO

À pesquisa e
à educação no Brasil,
OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

- Aos meus pais e toda minha família pelo patrocínio no primeiro ano de mestrado;
- Ao meu orientador Dr. Edmilson José Ambrosano pelos ensinamentos, amizade, paciência e pelo exemplo de trabalho e dedicação à pesquisa;
- À Dra. Eliana A. Shammass pelas informações, dicas e ajuda para a execução do trabalho;
- Aos Professores Dr. Paulo C.O. Trivelin e Dr. Takashi Muraoka do CENA/USP pelas informações e sugestões propostas;
- À Ana Clarissa Alves Negrini (Tira), pela ajuda nos trabalhos, estudos e amizade;
- Aos pesquisadores e técnicos de laboratório do Pólo Regional Centro Sul (APTA-Centro-sul), em especial à Dra. Raffaella Rossetto;
- Aos professores e funcionários da PG-IAC pelos ensinamentos, pela gentileza e pronto atendimento;
- Aos estagiários do Pólo Regional Centro Sul (APTA-Centro-sul), em especial ao Zeka, Laís, Gisele, Rafael e Guilherme pelos momentos de trabalho e pela gratificante convivência;
- Aos amigos Nomad FDP, Beltrão, Tafeté, Agustín, MilGols, Mari, Mafioza, Gabriel, Baxero, Aloe, Di, Gabi, La Niña, Jubilado, Jeba, Bupi, Alpís, Lesado e Nista (minha cachorra) pela descontração e incentivo nos estudos;
- Aos colegas de faculdade Sub, Kabral, Seunomi, Deitado, Travesso, Rogério Véio pela vivência e sabedoria extra-curricular conquistada;
- Aos amigos do Sindicato PG-IAC (sede Furlan), em especial para Faaaabi, Jão, Serjão, Texaco, Rebeca, Daves, Juliano, Cris, Amandão e Retardado pelo companheirismo nas assembléias intermináveis após as aulas;
- Aos amigos eternos Beбето, Batista, Diego, Tate, Laura, Danilo, Daniel, Maza, Vivico, Guto, Simone, Jú, Grá, Karina, Milena, Tuca e Aline;
- Ao Google acadêmico e as bibliotecas da ESALQ e do IAC pela sabedoria adquirida;
- À Fundação de Apoio à Pesquisa Agrícola (FUNDAG), pela bolsa de mestrado

SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMO.....	x
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	2
2.1 Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.).....	2
2.2 Extração de nutrientes em alface.....	3
2.3 Adubação verde.....	5
2.4 Adubos verdes utilizados.....	7
2.5 Consórcio entre plantas.....	9
2.6 Dinâmica e fixação biológica de nitrogênio (FBN).....	11
2.7 Isótopos estáveis e a técnica de abundância natural.....	11
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Caracterização da área experimental.....	13
3.1.1 Localização.....	13
3.1.2 Solo.....	13
3.1.3 Clima.....	14
3.2 Tratamentos e Delineamento experimental.....	14
3.3 Desenvolvimento do experimento.....	15
3.3.1 Implantação.....	15
3.3.2 Tratos culturais, manejo dos adubos verdes e colheita da alface.....	16
3.4 Preparo das amostras.....	16
3.5 Variáveis avaliadas.....	17
3.5.1 No experimento de campo, nos adubos verdes.....	17
3.5.2 No experimento de campo, nas plantas de alface.....	17
3.5.3 No laboratório.....	18
3.5.4 Cálculo da Fixação Biológica de Nitrogênio.....	18
3.5.5 Cálculo da transferência de N dos adubos verdes para a alface.....	19
3.6 Análise estatística.....	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4.1 Quantidade de massa fresca e massa seca da alface.....	23
4.2 Número de folhas em plantas de alface.....	25
4.3 Altura e diâmetro das alfaves.....	26
4.4 Teor de macronutrientes e micronutrientes na alface.....	28
4.4.1. Nitrogênio (N).....	28
4.4.2. Fósforo (P).....	32
4.4.3. Potássio (K).....	33
4.4.4. Enxofre (S).....	34
4.4.5. Cálcio (Ca).....	35
4.4.6. Magnésio (Mg).....	35
4.4.7. Cobre (Cu).....	36
4.4.8. Ferro (Fe).....	37
4.4.9. Manganês (Mn).....	38
4.4.10. Zinco (Zn).....	39
4.6 Caracterização dos adubos verdes quanto aos teores de carbono, nitrogênio e relação C:N.....	40
4.6.1 Quantidade de massa fresca e massa seca dos adubos verdes.....	40

4.6.2 Carbono (C).....	42
4.6.3 Nitrogênio (N).....	43
4.6.4 Relação C:N.....	43
4.6.5 Fixação biológica de nitrogênio (FBN).....	44
4.6.6 Macronutrientes (P,K,S,Ca, Mg).....	46
4.6.7. Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn).....	47
4.7 Considerações gerais.....	49
5 CONCLUSÕES.....	51
6 REFERÊNCIAS.....	52

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1-	Características de solo Argissolo Vermelho Amarelo distrófico da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, Piracicaba, SP.....	13
Tabela 2-	Tratamentos utilizados no experimento em Piracicaba, SP.....	15
Tabela 3-	Quantidade de massa fresca de cabeças de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	24
Tabela 4-	Quantidade de massa seca de cabeças de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	25
Tabela 5-	Número de folhas em alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	26
Tabela 6-	Altura das plantas de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	27
Tabela 7-	Diâmetro de cabeça de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	27
Tabela 8-	Teor de nitrogênio acumulado na parte aérea da alface. cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	29
Tabela 9-	Nitrogênio acumulado na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	29
Tabela 10-	Valores de $\delta^{15}\text{N}$ na alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	30
Tabela 11-	Valores de N transferido, dos adubos verdes para a alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	31
Tabela 12-	Quantidade de N transferido dos adubos verdes para a alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	32
Tabela 13 -	Teor de P por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	33
Tabela 14 -	Teor de K por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	34
Tabela 15 -	Teor de S por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	34
Tabela 16 -	Teor de Ca por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	35
Tabela 17 -	Teor de Mg por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	36
Tabela 18 -	Teor de Cu por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	37

Tabela 19 - Teor de Fe por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	38
Tabela 20 - Teor de Mn por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	39
Tabela 21 - Teor de Zn por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	40
Tabela 22 - Quantidade de massa fresca da parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.....	41
Tabela 23 - Quantidade de massa seca da parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.....	42
Tabela 24 - Teores de C-total por planta na parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.....	42
Tabela 25 - Teores de N-total por planta na parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.....	43
Tabela 26 - Relação C:N por planta na parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.....	44
Tabela 27 - Fixação biológica de nitrogênio pelos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.....	45
Tabela 28 - Quantidade de N fixado pelos adubos verdes da FBN, Piracicaba, SP, 2005.....	46
Tabela 29- Teores de macronutrientes na parte aérea dos adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	47
Tabela 30 -Teores de micronutrientes na parte aérea dos adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.....	48

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 –	Temperaturas máxima (T _{máx} , em °C), mínima (T _{mín} , em °C) e média (T _{méd} , em °C) no período de julho a novembro de 2005, em Piracicaba, SP, 2005.....	14
Figura 2 –	Esquema do consórcio entre a cultura principal da alface e os adubos verdes nas parcelas experimentais, Piracicaba, SP, 2005.....	16
Figura 3 –	Plantas de adubos verdes com aproximadamente 20 dias de semeadura para a implantação de consórcio com a cultura da alface, (A) tremoço-branco, (B) caupi e (C) aveia-preta, Piracicaba, SP, 2005.....	20
Figura 4 –	Plantas de alface no momento do transplantio em consorcio com aveia-preta aos 60 DAT (A), alface com feijão-de-corda aos 60 DAT (B), alface em consórcio com tremoço-branco aos 60 DAT (C), Piracicaba, SP, 2005.....	21
Figura 5 –	Mudas de alface intercaladas com adubos verdes. (A) tremoço-branco semeado simultaneamente com alface, proximamente da época de colheita; (B) aveia-preta semeada aos 60 dias antes do transplante de alface; (C) feijão-de-corda e alface (circulo vermelho) com semeadura e plantio simultâneos. Piracicaba, SP, 2005.....	22
Figura 6 –	Alfaces consorciadas com feijão-de-corda (V), aveia-preta (A), tremoço-branco (T) e em monocultivo (M) aos 0 DAT (esquerda) e 60 DAT (direita). Piracicaba, SP, 2005.....	23

SAKAI, Rogério Haruo. **Dinâmica do nitrogênio e disponibilização de nutrientes no cultivo consorciado de adubos verdes com alface**. 2008. 58f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

RESUMO

A fixação biológica de nitrogênio (FBN) é a principal característica agrônômica para a utilização de leguminosas adubos verdes, e seu cultivo em forma intercalar, com uma cultura de ciclo curto, é pouco pesquisada devido ao fato da alface ser muito exigente em fertilizantes nitrogenados, prontamente solúveis em um curto espaço de tempo. O objetivo neste trabalho foi estudar a dinâmica do nitrogênio e a disponibilização de nutrientes dos adubos verdes caupi, tremoço-branco e aveia-preta no consórcio com alface cultivar 'PiraRoxa'. O experimento foi realizado no campo experimental do Pólo Regional Centro-Sul, em Piracicaba, Estado de São Paulo, entre os meses de julho e novembro de 2005. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, e seis repetições. A época de semeadura dos adubos verdes (0 e 60 dias) foi considerada como parcela e as subparcelas os sistemas de cultivo (alface em monocultivo e em consórcio adubos verdes). As variáveis estudadas foram: quantidade de massa fresca e seca dos adubos verdes, quantidade de massa fresca e seca de cabeça da alface, número de folhas, altura e diâmetro da alface, nutrientes na parte aérea das alfases e dos adubos verdes, $\delta^{15}\text{N}$ para as alfases e adubos verdes, e transferência de N proveniente da FBN dos adubos verdes para a alface. Conforme os resultados: com o cultivo de alface em monocultivo foi proporcionada mais extração de nutrientes do solo; a altura e diâmetro de alfases consorciadas com adubos verdes são similares ao tamanho comercial das alfases em solteiro; com o tremoço-branco e o caupi é transferida mais quantidade de N pela FBN para a alface, independentemente de sua época de plantio; as relações C:N do caupi e do tremoço-branco foram menores que a da aveia-preta. Com o cultivo intercalar de tremoço-branco, feijão-caupi e a aveia-preta foram transferidos 17,6%, 17,0% e 7,2% de N para a alface, sem interferência negativa do tempo de estabelecimento no consórcio na produção de alface e na quantidade de N acumulado.

Palavras-chave: abundância natural de ^{15}N , *Lupinus albus* L., *Lactuca sativa* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Avena strigosa* Schreb.

SAKAI, Rogério Haruo. **Nitrogen dynamics and availability of nutrients in intercropping green manures with lettuce.** 2008. 58f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola) – Pós-Graduação – IAC.

ABSTRACT

Biological nitrogen fixation (BNF) is the main agronomic trait improved by the use of green manures but their cultivation in an interspersed fashion with a short cycle crop like lettuce attracts little research attention because of such crops being too demanding in nitrogen fertilizers, highly soluble in a short space of time. The aim of this work was to study the dynamics of N and nutrient availability of the green manures cowpea, white lupin, black oats intercropped with lettuce cv. PiraRoxa. The experiment was conducted in the test fields of the Polo Regional Centro Sul, in Piracicaba, State of SP, between July and November 2005. The experimental design was a randomized complete block in a split-plot treatment arrangement with six replications. The green manures sowing time (0 and 60 days) was the main plot and the sub-plot was the cultivation system (lettuce monocrop and its intercrop with cowpea, black oat and white lupin). The parameters studied were: green manures fresh and dry mass, lettuce fresh and dry mass, lettuce number of leaves, $\delta^{15}\text{N}$ for lettuce and green manures and the N transfer from BNF from green manures to the lettuce. The results show that cultivation of monocropped lettuce led to a higher nutrient extraction from the soil; height and diameter of intercropped lettuce was similar to the commercial size of monocropped lettuce; that white lupin and cowpea supplied higher amount of N from BNF to the lettuce, independent of the sowing time; and that the relation C:N of the cowpea and white lupin were lower than the black oats. The intercropping of white lupin, cowpea and black oat provided 17,61%, 17,02% and 7,17% of N to the lettuce and its establishment time on intercropping did not interfere with lettuce yield or with the amount of N transferred.

Key words: ^{15}N natural abundance, *Lupinus albus* L., *Lactuca sativa* L., *Vigna unguiculata* (L.) Walp., *Avena strigosa* Schreb.

1 INTRODUÇÃO

No manejo inadequado do solo podem haver, com os cultivos, sérias conseqüências, sendo exauridas suas reservas orgânicas e minerais, e sua fertilidade reduzida. Nos solos tropicais, suscetíveis a esse fenômeno, torna-se necessário o emprego constante de práticas com os quais se visam minimizar esse problema (MELLO & BRASIL SOBRINHO, 1960).

Os adubos verdes podem ser uma opção importante para manutenção ou melhoria da fertilidade do solo e, conseqüentemente, da sustentabilidade do modo de produção, principalmente no fornecimento do nutriente nitrogênio para o sistema. Outras vantagens do uso dos adubos verdes estão relacionadas às melhorias das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (D'UTRA, 1919; MIYASAKA et al., 1983; MacRAE & MEHUYS, 1985; COBO et al, 2002a, b; FAGERIA & BALIGAR, 2005).

Os policultivos ou cultivos consorciados entre duas ou mais culturas de interesse comercial já são bastante conhecidos, contudo, consórcios com adubos verdes ainda são incipientes no mundo. Estes são muito mais estudados em plantas de ciclo longo, como cana-de açúcar, milho, feijão e espécies arbóreas. A utilização de consórcios com plantas de ciclo curto, como a alface (*Lactuca sativa* L.), é pouco estudada devido ao fato das hortaliças serem muito exigentes em fertilizantes nitrogenados prontamente solúveis em um curto espaço de tempo. Apesar dos vários resultados a respeito do potencial de fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas plantas leguminosas (BECKER et al., 1995; PERIN et al., 2004; FAGERIA, 2007; CHOI et al., 2008) verifica-se a escassez de pesquisas para a caracterização da contribuição dos adubos verdes na transferência desse nutriente para as culturas em sistema consorciado.

O objetivo no presente trabalho foi estudar a dinâmica do nitrogênio e possíveis benefícios dos adubos verdes feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], tremço-branco (*Lupinus albus* L.) e aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) no consórcio com alface cultivar PiraRoxa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alface (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca sativa* L.), pertencente à família Asteraceae (Compositae), representa 50% do consumo total das hortaliças folhosas no mundo (COSTA & SALA, 2005 *apud* NEGRINI, 2007).

No estado de São Paulo, em 2006, a área cultivada foi de 6.570 hectares, com produção de cerca de 4,1 milhões de engradados, contendo nove dúzias cada, de acordo com o banco de dados do Instituto de Economia Agrícola de São Paulo (IEA, 2007).

A classificação da alface comercial desenvolvida pelo CEASA (2008) é dividida em grupos (crespa, americana, romana, lisa e mimosa) e classes de peso; também é classificada quanto ao sub-grupo (verde e roxa) e categorias (extra, categoria I, categoria II e sem categoria).

A cultivar PiraRoxa foi obtida a partir do cruzamento bi-parental entre a cultivar Gizela e a linhagem 'RS 521998'. Tem, como características, plantas vigorosas, folhas crespas, semi-eretas, de cor vermelha intensa e brilhante na parte superior. É resistente ao míldio da alface (*Bremia lactucae*), podridão negra das raízes (*Thielaviopsis basicola*) e ao vírus do mosaico da alface (patótipo II). Dependendo da região, seu ciclo é de 35 a 45 dias após o transplante e é recomendada para cultivo tanto em temperatura amena quanto em elevada (SALA e COSTA, 2005).

A coloração avermelhada ocorre devido à grande concentração de antocianinas. Como o acúmulo desses pigmentos é um processo fotomorfogenético, provavelmente nessa cultivar existe uma mutação resultante de efeitos excessivos da luz. Em várias evidências em diferentes espécies tem sido mostrado ser o fitocromo um importante fotorreceptor no controle da biossíntese de antocianinas (FRANCESCHI & GRIMES, 1991; KROL et al., 1995; ATANASSOVA et al., 2001; STEYN et al., 2002). Além disso, mutantes em tomateiro, deficientes na biossíntese do fitocromo bem como resultantes de efeitos excessivos da luz, provavelmente ao fitocromo (KENDRICK et

al., 1997), têm falhas e acúmulo de bastante quantidade de antocianinas, respectivamente, em tecidos hipocotilares.

Dessa forma, na cultivar PiraRoxa pode haver uma mutação amplificadora de respostas mediadas pelo fitocromo. Outro fenótipo dessa cultivar, relacionado a tal questão, é a planta com pouca estatura, pois um dos efeitos mais clássicos mediados pelo fitocromo é a inibição do alongamento do hipocótilo e do caule (KENDRICK & KRONENBERG, 1994). Segundo NEGRINI (2007), os fatores que afetam o desenvolvimento desta cultivar são: (i) sombreamento: foi constatada, em cultivo protegido por plástico, diluição da antocianina e assim, plantas com tom de coloração não tão roxo e, por consequência, mais crescimento; (ii) temperaturas: em temperaturas inferiores a 7°C a planta fica mais roxa, devido a menos fluxo de seiva, acumulando-se mais antocianina nas folhas; (iii) nitrogênio: com este nutriente é promovido o crescimento da planta e, conseqüentemente, é ocasionado o efeito de diluição da antocianina, sendo causado o aparecimento de partes verdes na base das folhas.

A alface é uma planta muito sensível às condições do ambiente. Fatores como intensidade de luz, fotoperíodo, concentração de CO₂, e, principalmente a temperatura, têm influência no crescimento e no desenvolvimento das plantas (PANDURO, 1986; MULLER, 1991); com o aumento das temperaturas a valores acima dos 40°C, é retardada gradativamente a absorção de nutrientes, enquanto mais absorção é verificada em temperaturas entre 25°C e 35°C.

2.2 Extração de nutrientes em alface

A alface é considerada uma planta muito exigente em nutrientes, mesmo considerando-se a absorção de pequenas quantidades, se comparada com a de outras culturas (SANCHEZ, 2007). Segundo TERRA et al. (2001), o período de maior consumo de nutrientes é na fase final da produção, devido ao seu ciclo curto e à pouca exigência em nutrientes pelas cultivares disponíveis no mercado.

De acordo com FURLANI et al. (1978), as plantas de alface são as com teores mais elevados de nitrogênio e cálcio dentre as outras espécies folhosas; a extração destes nutrientes por tonelada produzida de alface são 2,51 kg e 0,82 kg, respectivamente. São condições fisiológicas inerentes à alface, a eficiência de utilização

de nitrogênio sempre menor que 50% (ALEXANDER, 1965) e a absorção de aproximadamente 80% de N-total extraídos nas últimas quatro semanas do ciclo (KATAYAMA, 1993).

Para SANCHEZ (2007), o nutriente mais exigido pela cultura da alface é o potássio, que apesar de não ser integrante de qualquer substância na planta é o mais importante em quantidade absorvida. O potássio tem como principal função a ação como ativador enzimático e agente osmótico, sendo assim controlada a abertura e o fechamento dos estômatos, propiciando-se mais resistência dos vegetais às geadas, sendo conseqüentemente, responsável pela qualidade dos produtos agrícola em geral (EPSTEIN & BLOOM, 2006). VERDADE et al. (2003) e GRANGEIRO et al. (2006) verificaram que, em plantios convencionais de alface, a extração de macronutrientes foi na seguinte ordem decrescente: K>N>Ca>P>Mg.

O cálcio é essencial para a integridade da membrana plasmática e absorção iônica, como constituinte do pectato (lamela média), ou ativador enzimático, como a ATPase; também no controle da abertura dos estômatos, mesmo não sendo esta uma função principal (NG et al., 2001; SCHOROEDER et al., 2001). Pode ser causador do “tip burn”, a queima dos bordos das folhas da alface, quando diagnosticada sua deficiência (MALAVOLTA, et al., 1997).

Segundo TAIZ e ZEIGER (2004), o fósforo é um componente integral de compostos importantes das células vegetais, incluindo-se fosfato-açúcares, intermediários da respiração e da fotossíntese, bem como os fosfolipídios, componentes das membranas vegetais. É também componente de nucleotídeos utilizados no metabolismo energético das plantas (como ATP) e no DNA e RNA, sendo assim um nutriente fundamental para o crescimento das plantas, principalmente do sistema radicular e na fixação biológica do nitrogênio.

O magnésio é integrante das moléculas de clorofila, com participação em inúmeras reações como ativador enzimático, da respiração, absorção iônica e transporte de energia, balanço eletrolítico e responsável pela estabilidade aos ribossomos; é um nutriente fundamental para a fotossíntese (MALAVOLTA et al., 1997). Quanto aos micronutrientes: (i) ferro, é constituinte de citocromos e ferro-proteínas não-heme envolvidas na fotossíntese, em reações redox, fixação de N₂ e respiração; (ii) zinco, é

constituente de enzimas e também pode ser exigido para a síntese de clorofila de algumas plantas; (iii) cobre, está associado com enzimas envolvidas em reações redox, como a plastocianina, necessário ao transporte de elétrons durante as reações dependentes de luz da fotossíntese e também atuante na fixação do nitrogênio; (iiii) manganês, cuja função mais bem definida é a da reação fotossintética pela qual o oxigênio é produzido a partir da água (TAIZ & ZEIGER, 2004). VILLAS BÔAS et al. (2004) verificaram que, em plantios de alface cultivar Elisa, em diferentes compostos orgânicos, a extração desses micronutrientes foi na seguinte ordem decrescente: Fe>Mn>Zn>Cu.

2.3 Adubação verde

De acordo com KIEHL (1959), citado por MIYASAKA et al. (1983), adubos verdes são as plantas cultivadas ou não, com a principal finalidade de enriquecimento do solo com sua massa vegetal, quer produzida no local ou importada. Segundo KHATOUNIAN (2001), modernamente no Brasil, o termo adubo verde tem sido utilizado numa acepção mais ampla, de planta que bem se encaixa no sistema vigente de culturas, com contribuição à proteção e fertilidade dos solos. Para WUTKE (1993) e WUTKE et al. (2001), no manejo da adubação verde também devem ser considerados os fatores sócio-econômicos e culturais, necessários à implantação dos sistemas agrícolas em que estão incluídas leguminosas como plantas para a cobertura do solo.

Assim, adubação verde pode ser definida como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com outras, sendo incorporadas ao solo ou deixadas na superfície, visando à proteção superficial, bem como à manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo (NEGRINI, 2007).

Podem ser listadas como melhorias das características físicas do solo, a proteção contra processos erosivos, aumento da porosidade e da infiltração de água no solo, e diminuição da temperatura do solo durante o dia (COSTA et al. 1992; AMBROSANO et al. 1997; WUTKE, 2001).

Para as características biológicas, constatam-se o favorecimento da atividade dos microorganismos, auxílio no controle de nematóides formadores de galhas, como no cultivo com espécies de crotalária, e aumento da capacidade de micorrização dos

sistemas radiculares, conforme descritos por RIBAS et al. (2003) e AZCON et al. (2003).

Quanto às características químicas do solo, ocorre principalmente o aporte de nitrogênio pela fixação biológica de nitrogênio (FBN) pelas leguminosas; o aumento do teor de matéria orgânica; mais disponibilidade de macro e micronutrientes; aumento da CTC; formação de ácidos orgânicos auxiliares na solubilização de minerais do solo para posterior absorção pelas plantas de interesse; e também promoção da reciclagem de nutrientes lixiviados ou das camadas mais profundas no perfil do solo (BULISANI et al., 1992; MASCARENHAS et al., 1984; SHARMA et al., 1982; AMBROSANO et al., 1999; MIYASAKA & OKAMOTO, 1993; WUTKE et al., 2001; RIBAS et al., 2003; BORKERT et al., 2003).

Além das melhorias químicas, biológicas e físicas do solo, pode-se citar, como vantagem, a economia com a redução da necessidade de aquisição de fertilizantes, e de combustíveis para utilização em máquinas agrícolas. Também pode-se considerar a fonte de renda extra, com a colheita de sementes de adubos verdes no caso de rotação com outras culturas de interesse, como estudado por SALOMÉ et al. (2007), na rotação de adubos verdes com cana-de-açúcar em sistema orgânico.

No que diz respeito ao aporte de N, qualquer quantidade do elemento fixada no campo por plantas leguminosas pode ser uma fonte de nutriente para a cultura seguinte. Entretanto, essa disponibilidade de N será dependente da taxa de mineralização em relação à demanda do nutriente pela cultura. AMBROSANO (1995), utilizando a técnica de isótopos estáveis marcados, demonstrou o aproveitamento de até 50% do nitrogênio proveniente do adubo verde leguminosa pela cultura do milho em seqüência.

Para GILLER & WILSON (2001) existem dois mecanismos pelos quais o nitrogênio pode se tornar disponível às outras plantas: pela senescência de raízes e nódulos, exsudados de raízes e transferência direta entre raízes por interconexões micorrízicas; outra forma é na parte aérea da planta, pela decomposição de folhas e resíduos de plantas.

Segundo esses autores, em vários trabalhos é verificado que 40% ou mais do N são liberados em duas semanas após a incorporação dos ramos novos no solo; e isto

implica em um possível desperdício de N não absorvido pela cultura de interesse, caso ainda não tenha atingido sua fase de maior demanda pelo elemento. Conseguir sincronizar a taxa de liberação de nitrogênio pelo adubo verde para a planta que o utilizará é uma importante estratégia de manejo (WIVSTAD, 1999).

2.4 Adubos verdes utilizados

Na escolha de espécies de plantas adubos verdes a serem adotadas devem ser consideradas as características citadas anteriormente, o ambiente em que serão utilizadas, a finalidade do cultivo dos adubos verdes, a fisiologia e características agrônômicas das espécies, e a disponibilidade de sementes.

O feijão-de-corda [*Vigna unguiculata* (L.) Walp], pertencente à família das leguminosas (Fabaceae), é também conhecido como caupi, feijão-fradinho, feijão-de-corda, feijão-macassar, feijão-de-boi, ou ervilha-de-vaca e é muito importante na alimentação das pessoas, principalmente nas regiões norte e nordeste do Brasil. No mundo, a maior área plantada da cultura está no continente africano.

A planta pode ter hábito de crescimento ereto, semi-ereto, prostrado ou trepador. Com o cultivo do feijão-de-corda podem ser obtidos outros benefícios como favorecimento do controle biológico (PLEBAN et al., 1995), fixação de nitrogênio (SILVA et al., 2006) e produção de metabólitos, com os quais se têm aumentos nas concentrações de N, P, Fe, Ca e Cu (CATTELAN, 1995). Segundo STEELE et al. (1985), é uma planta tolerante às condições de sombreamento, calor e seca, sendo assim muito adotada em cultivos consorciados.

O consórcio de feijão-de-corda com outras culturas já era recomendado por D'UTRA no livro “Adubos Verdes: sua produção e modo de emprego”, de 1919. As principais culturas consorciadas com o feijão-de-corda são: milho, diversas hortaliças e fruteiras (VANDERMEER, 1999; NGOUAJIO et al., 2003; CASTRO et al. 2004;).

A cultivar de feijão-de-corda IPA 206, caracteriza-se por ter hábito de crescimento semi-prostrado, ciclo de 65 a 75 dias quando plantado em pleno verão, sementes de coloração marrom clara e produtividade de 1200 kg ha⁻¹ (FREIRE FILHO et al., 2000).

A aveia-preta (*Avena strigosa* Schreber) é uma planta da família Poaceae (Gramineae), gênero *Avenae*, originária da Europa. É anual, rústica, pouco exigente em água, comumente empregada para adubação verde e como planta de cobertura para plantio direto em sistemas de rotação de culturas, podendo ainda ser utilizada para pastejo, fenação, ensilagem ou aproveitamento de grãos, na formulação de concentrados para animais (DERPSCH & CALEGARI, 1992).

Seu uso em plantios consorciado é pouco estudado, pois seus grãos não têm valor comercial como alimento; portanto as pesquisas são direcionadas para consórcio com outros adubos verdes ou aos efeitos alelopáticos em outras culturas. As principais plantas consorciadas com a aveia preta são: tremoço-branco, triticale, ervilhaca, centeio, nabo forrageiro e azevém (ROSO & RESTLE, 2000; GIACOMINI et al. 2003; PORTAS & VECHI, 2006.).

O tremoço-branco (*Lupinus albus* L), pertencente à família das leguminosas (Fabaceae), tem seu centro de origem na região do mar Mediterrâneo, e é cultivada há mais de dois mil anos (COSTA et al., 1992). Das diversas espécies de tremoço existentes, a mais utilizada para adubação verde é o tremoço-branco, que tem mais adaptação às regiões quentes, sendo pouco exigente em fotoperíodo e em frio; adapta-se muito bem em regiões com temperaturas na faixa de 15°C a 25°C (WUTKE, 1993). É uma planta herbácea, de porte ereto, ciclo anual e com raízes pivotantes e com desenvolvimento em profundidade no solo.

Segundo COSTA et al. (1992), com o tremoço-branco podem ser fixados até 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio por ciclo. Outra característica importante é sua grande eficiência na absorção de P pouco disponível no solo (HOCKING et al., 1997; FERNANDES & MURAOKA, 2002).

No presente estudo a utilização das espécies descritas acima se deve ao manejo dos adubos verdes, principalmente em relação à mão de obra para a poda dos mesmos. Como os adubos verdes foram semeados no mês de julho ao final do inverno, optou-se por duas espécies de cultivo na época de outono-inverno, o tremoço-branco e a aveia-preta, contando com seu menor desenvolvimento, ocasionando-se assim, menos competição no final do ciclo das plantas de alface.

A aveia-preta foi utilizada como planta referência para a calibração do espectrômetro de massas e para determinação dos valores de $\delta^{15}\text{N}$ dos adubos verdes, pois não é uma planta fixadora biologicamente de nitrogênio pela FBN; assim sendo, é possível calcular a real contribuição do N das leguminosas em cultivos consorciados (AITA & GIACOMINI, 2003).

A semeadura do feijão-de-corda também foi realizada fora de sua época ideal para se evitar a competição no início do transplante da alface pois, durante períodos mais frios, essa leguminosa não se desenvolve como se houvesse sido cultivado à pleno verão, podendo propiciar um desenvolvimento inicial satisfatório das alfaces (VANDERMEER, 1989).

2.5 Consórcio entre plantas

Para VANDERMEER (1989), o consórcio entre plantas pode ser definido como o cultivo de duas ou mais culturas simultaneamente no mesmo campo, sendo a forma de cultivo múltiplo dependente do tempo.

Ainda segundo esse autor, o consórcio entre plantas pode ser dividido em quatro subcategorias: (1) consórcio misto: em que duas ou mais culturas são cultivadas, sem arranjo distinto de linhas, sendo muito utilizado em sistemas agroflorestais (SAF); (2) consórcio em fileiras: cultivo de duas ou mais culturas, em que uma delas ou mais são plantadas em fileiras; (3) consórcio em faixas: cultivo de duas ou mais culturas, em faixas largas o suficiente para que seja possibilitado o cultivo independente, porém, estreitas o suficiente para que haja interação entre as culturas; (4) consórcio em revezamento: cultivo de duas ou mais culturas, durante parte do ciclo de vida de cada uma delas.

Para que se obtenha sucesso no sistema de policultivo é preciso considerar características fisiológicas e estruturais das plantas, como a necessidade de água, luz, maturação, resistência aos insetos e patógenos, eficiente responsividade à fertilidade do solo e elevado potencial produtivo (ALTIERI et al., 2003).

No consórcio de plantas pode ocorrer a competição entre as espécies que, segundo ROHRING & STULZEL (2001), acontece quando os recursos limitantes como água, nutrientes, dióxido de carbono e luz não estão em quantidade suficiente para o

crescimento das espécies no sistema; então, destaca-se a cultura com mais capacidade de aproveitamento de tais recursos em relação à outra. VANDERMEER (1989) considera essa competição como um processo no qual a interação entre duas plantas individuais ou duas populações de plantas é de tal maneira que ao menos há influência negativa de uma na outra.

Podem ser enumerados vários trabalhos de consórcio entre duas ou mais plantas comerciais, como algodão e manjeriço; alface e cenoura; seringueira e café; milho e feijão entre tantos outros (VIEIRA et al., 2003; PAULA et al., 2005; TOLENTINO JÚNIOR et al., 2002; SANTOS et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2005; BARROS JÚNIOR et al., 2005; SCHADER et al., 2005; FANCELLI, 1990; PEREIRA et al. 1998). Porém, pesquisas com avaliação de consórcios entre plantas comerciais e outras não, como o caso dos adubos verdes, são escassas, havendo trabalhos com cana-de-açúcar e leguminosas, pomares com adubação verde intercalar e milho com adubo verde (MONTEZANO & PEIL, 2006).

Ao ser utilizada a técnica de policultivos, o produtor estabelece mais uma alternativa de renda, ou seja, pode ter um lucro menor por cultura, mas um ganho no somatório das culturas no consórcio, se comparado ao do cultivo exclusivo das espécies, como o caso dos cultivos consorciados de seringueira com cafeeiro, palmito, abacaxi, banana e mandioca (MAY et al., 1999). Este ganho pode ser econômico, direta ou indiretamente, uma vez que, num consórcio bem estruturado, tem-se a capacidade de mais aproveitamento dos nutrientes do solo ou de melhoria das características do solo, economizando-se, assim, na aquisição de insumos para manutenção da fertilidade do mesmo.

2.6 Dinâmica e fixação biológica de nitrogênio (FBN)

O nitrogênio é considerado um dos fatores mais limitantes ao crescimento e à produtividade das plantas; contudo, em algumas espécies são detectados vários mecanismos para obtenção da máxima eficiência de utilização do nutriente. PIMENTEL (1998) estima que, com a fixação biológica do nitrogênio (FBN) sejam fornecidos entre 139 e 170 milhões de toneladas de N por ano para a biosfera, que são muito superiores aos 65 milhões aplicados como fertilizantes.

Várias espécies da família Fabaceae têm a habilidade de fixação de nitrogênio com bactérias das ordens *Rhizobiales* e *Burkholderiales*, por simbiose em nódulos radiculares (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Das técnicas utilizadas para a estimativa da FBN associada às plantas, apenas com as isotópicas pode-se discriminar e quantificar diretamente a fonte de N utilizada pela planta (BODDEY et al., 1995).

2.7 Isótopos estáveis e a técnica de abundância natural

Segundo COPLEN (1993), isótopos são elementos com o mesmo número atômico, e mesmo lugar na tabela periódica de elementos químicos, mas número de massas diferentes.

De acordo com BENDASSOLLI (2007)¹, isótopos de elementos de pequeno número atômico ocorrem na natureza em proporções quase constantes, como hidrogênio: ^1H (99,985%) e ^2H (0,015%); carbono: ^{12}C (99,759%) e ^{13}C (1,107%); nitrogênio: ^{14}N (99,634%) e ^{15}N (0,366%); oxigênio: ^{16}O (99,759%), ^{17}O (0,037%) e ^{18}O (0,204%). Os isótopos de ^2H , ^{13}C , ^{15}N e ^{16}O estão em concentrações menores que seus homólogos (^1H , ^{12}C , ^{14}N e ^{16}O) e, por possuírem mais massa (maior número de nêutrons no núcleo), são denominados isótopos pesados.

Conforme mencionado acima, o nitrogênio possui somente dois isótopos estáveis de ocorrência natural, um de peso atômico 14 e outro de peso atômico 15. Utilizando-se a técnica de abundância natural de ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$) é possível estudar a quantidade de N_2 fixada pelos adubos verdes. Nesta técnica é considerado o fato de que o N mineral do solo é normalmente um pouco enriquecido com ^{15}N , como resultado do fracionamento isotópico entre ^{14}N e ^{15}N , que ocorre nos processos físicos, químicos e biológicos em que é envolvido o N da matéria orgânica e do solo (SHEARER & KOHL, 1986).

Ainda, segundo esses autores (1986), uma planta não fixadora de N_2 atmosférico, cultivada nessas condições, terá sua composição em ^{15}N semelhante à do N disponível do solo. Por sua vez, uma planta fixadora de N_2 atmosférico terá teores menores de ^{15}N (valores negativos ou próximos de zero), devido ao efeito de diluição causado por esse

¹ Bendassolli, J.A., professor da Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear para Agricultura. Anotações de aula.

N_2 , uma vez que no N da atmosfera há menos abundância de ^{15}N que no N_2 do solo. Portanto, utilizando-se uma planta não fixadora como marcadora do ^{15}N do N mineral do solo, a quantidade de N fixado pode ser determinada pela proporção com que esse ^{15}N foi diluído.

Segundo AITA et al. (2004), poucos trabalhos de pesquisa têm sido desenvolvidos até o momento para quantificação da contribuição da fixação biológica de N (FBN) nas leguminosas, tanto em cultivos isolados como em consórcios. A utilização da técnica de diluição isotópica de ^{15}N é considerada uma das mais confiáveis, porém seu custo é muito elevado. Portanto, a técnica de abundância natural em ^{15}N ($\delta^{15}N$) torna-se mais vantajosa em relação aos custos, possibilitando-se obter resultados seguros quanto à FBN (VIEIRA-VARGAS et al., 1995; PERIN et al., 2004). Mesmo assim, a técnica de $\delta^{15}N$ é pouco utilizada em trabalhos de pesquisa no Brasil já que são necessários equipamentos caros e com elevado grau de precisão para sua determinação.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

3.1.1 Localização

O experimento foi realizado no campo experimental do Pólo Regional Centro-Sul da Agência Paulista de Pesquisa e Tecnologia Agropecuária (APTA), em Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas são 22°42' de latitude Sul e 47°38' de longitude Oeste, e altitude de 560 m.

3.1.2 Solo

O solo é classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico e sua caracterização química pode ser constatada na Tabela 1. Segundo Raij et al. (1996), o pH é médio, o teor de matéria orgânica (MO) é elevado, o de fósforo (P) é médio, o de enxofre (S) é reduzido, o de potássio (K) é elevado, os de Cálcio (Ca) e magnésio (Mg) são altos, o da saturação por bases (SB) é alta, o de cobre (Cu) e boro (B) são médios e os de ferro (Fe), zinco (Zn) e manganês (Mn) são altos.

Tabela 1. Características de solo Argissolo Vermelho Amarelo distrófico da área experimental, na profundidade de 0 a 20 cm, Piracicaba, SP. 2005.

pH (CaCl ₂)	5,35
M.O. (g dm ⁻³)	34,75
P (mg dm ⁻³)	25,50
S (mg dm ⁻³)	3,75
K (mmol _c dm ⁻³)	5,5
Ca (mmol _c dm ⁻³)	55,25
Mg (mmol _c dm ⁻³)	25
H+Al (mmol _c dm ⁻³)	32
SB (mmol _c dm ⁻³)	85,8
T (mmol _c dm ⁻³)	117,7
V%	72,7
B (mg dm ⁻³)	0,42
Cu (mg dm ⁻³)	4,5
Fe (mg dm ⁻³)	51
Mn (mg dm ⁻³)	45
Zn (mg dm ⁻³)	3,1

3.1.3 Clima

O clima da região de Piracicaba é o Cwa, segundo a classificação KÖEPPEN-GEIGER (1928), sendo tropical de altitude com três meses de inverno seco (junho, julho e agosto) e chuvas no verão. A temperatura média do mês mais quente é maior do que 22°C e a do mês mais frio não é inferior a 16°C, com média anual de 21,1°C (Figura 1).

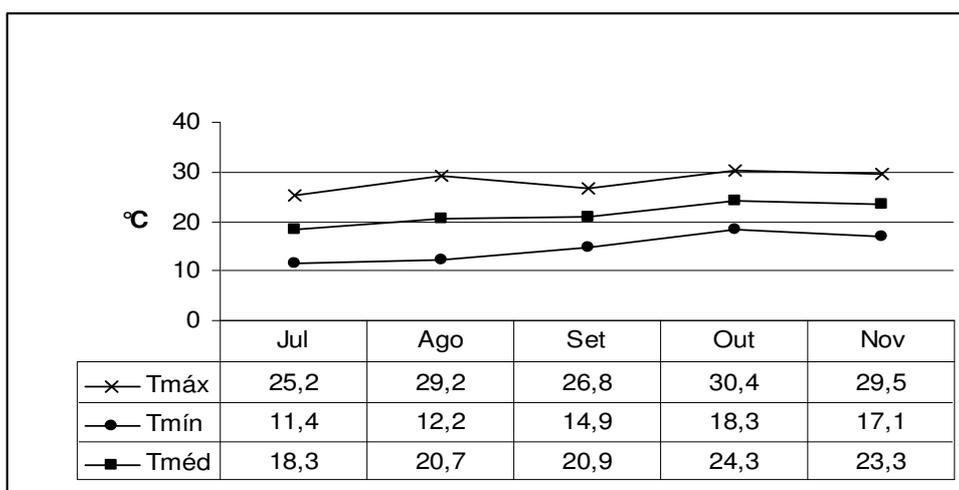


Figura 1 – Temperaturas máxima (Tmáx, em °C), mínima (T mín, em °C) e média (T méd, em °C) no período de julho a novembro de 2005, em Piracicaba, SP. 2005.

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, e seis repetições. Como parcela foram considerados quatro sistemas de cultivo: alface em monocultivo e em consórcio com os adubos verdes aveia-preta, feijão-de-corda e tremoço-branco e, como subparcela, a época de semeadura dos adubos verdes, aos zero e 60 dias antes do transplante da alface (DAT).

Foi utilizada a cultivar PiraRoxa de alface, os cultivares Comum de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) e tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) e IPA-206 de feijão-de-corda (*Vigna unguiculata* L.).

As parcelas experimentais tiveram a dimensão de 1,8 m de comprimento x 1,2 m de largura. Os adubos verdes foram semeados em três linhas espaçadas de 0,3 m (Figura

2). As densidades populacionais de adubos verdes, por metro, foram 68 sementes de aveia-preta, 15 de tremoço-branco e 15 de feijão-de-corda. O espaçamento entre plantas de alface foi 0,3 m x 0,3 m, num total de 24 plantas por parcela. Desta forma, as plantas de alface ficaram consorciadas com os adubos verdes em esquema de consórcio (Figuras 2 e 3).

Os adubos verdes foram semeados em duas épocas: aos 60 e zero dias antes do transplante da alface, ocorrido em 22/09/2005. No tratamento de zero dias, os adubos verdes foram semeados simultaneamente ao transplante das mudas de alface, conforme informado na Tabela 2 e visualizado nas Figuras 3 e 4.

Tabela 2 - Tratamentos utilizados no experimento em Piracicaba, SP.

Tipo de cultivo	Cultura principal	Cultura associada (adubo verde)	Semeadura*
exclusivo	Alface	---	
consórcio	Alface	Aveia-preta	0
consórcio	Alface	Aveia-preta	60
consórcio	Alface	Feijão-de-corda	0
consórcio	Alface	Feijão-de-corda	60
consórcio	Alface	Tremoço-branco	0
consórcio	Alface	Tremoço-branco	60

*Época de semeadura da cultura associada em relação ao da data de transplante da cultura principal, em dias.

3.3 Desenvolvimento do experimento

3.3.1 Implantação

Na semeadura das alfaces foram utilizadas bandejas com substrato comercial, e mantidas em casa de vegetação com irrigação automática, até o transplante das mudas.

Para o preparo dos canteiros na área, foi utilizado o roto-encanteirador e não se utilizou qualquer corretivo, adubo ou inoculante para as plantas leguminosas.

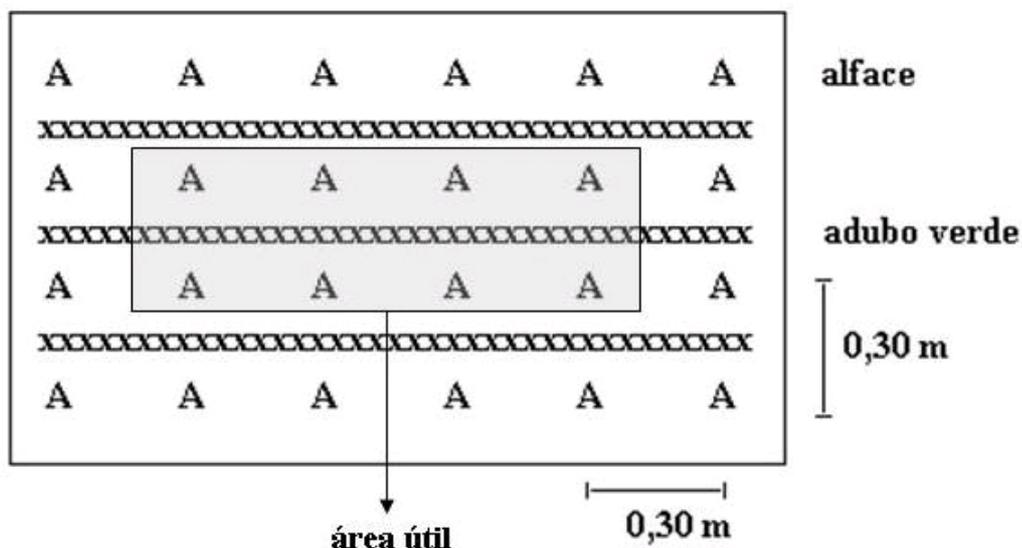


Figura 2 - Esquema do consórcio entre a cultura principal da alface e os adubos verdes nas parcelas experimentais, Piracicaba, SP, 2005.

3.3.2 Tratos culturais, manejo dos adubos verdes e colheita da alface

Todas as culturas foram irrigadas por sistema de gotejamento, numa frequência de três vezes ao dia durante o período de “pegamento” das mudas e posteriormente, apenas por duas vezes ao dia. Também foi feita a capina das plantas infestantes e a poda dos adubos verdes consorciados, ao todo 3 podas nos tratamentos 60 DAT e 2 no plantio simultâneo, na altura de 0,2 m da superfície do solo todos os tratamentos com o intuito de se evitar a competição por luz, e um conseqüente menor desenvolvimento das alfaces. O material proveniente da poda foi pesado e redistribuído em suas respectivas parcelas, para utilização como cobertura morta.

3.4 Preparo das amostras

Os adubos verdes podados e as alfaces foram lavados e posteriormente secos em estufa elétrica com circulação forçada de ar, a 65°C, por 72 horas, sendo pesados e moídos

em moinho de facas do tipo Willey, com peneira mash 4. Foram escolhidas ao acaso quatro plantas de alface por parcela e para serem moídas.

Em laboratório de isótopos estáveis do CENA (Centro de Energia Nuclear na Agricultura), da USP (Universidade de São Paulo), em Piracicaba, SP, as amostras foram pesadas em balança eletrônica de precisão entre 5 e 10 microgramas e colocadas em cápsulas de estanho para análise do $\delta^{15}\text{N}$, no espectrômetro de massas do tipo ANCA SL.

3.5 Variáveis avaliadas

3.5.1 No experimento de campo, nos adubos verdes.

A quantidade de massa fresca de adubos verdes (MFAV): após as podas dos adubos verdes, o material cortado foi recolhido e feito a aferição de sua massa, em gramas, sendo devolvido às respectivas parcelas, para utilização como cobertura morta.

A quantidade de massa seca de adubos verdes (MSAV): depois da aferição da quantidade de massa fresca dos adubos verdes foram separados 10% desse total para determinação do grau de umidade, procedendo-se à secagem e à pesagem.

3.5.2 No experimento de campo, nas plantas de alface

Nas avaliações de variáveis nas plantas de alface foram adotados procedimentos conforme SANCHEZ (2007).

Para a quantidade de massa fresca de cabeça (MFCA) determinada, em gramas, após a colheita e lavagem das plantas, retirando-se o excesso de água e as raízes.

A quantidade de massa seca de cabeça (MSCA) após determinação das quantidades de massa fresca, as alfaces foram secas em estufa determinando-se a quantidade de sua massa seca, em gramas.

O número de folhas (NF) foi determinado por contagem, consideradas apenas as folhas maiores que 4 cm. Enquanto a altura de parte aérea (APA) foi medida, em cm, da base do caule ao nível do solo até a altura máxima das folhas. O diâmetro da parte aérea

(DPA), determinado logo após a colheita, considerando-se o valor médio da distância entre as margens laterais, em cm.

3.5.3 No laboratório

Para $\delta^{15}\text{N}$ para as alfaces e para os adubos verdes, conforme detalhado anteriormente, no sub-ítem 3.4, as amostras secas e moídas foram encaminhadas para análise no Laboratório de Isótopos Estáveis do CENA/USP.

Nas análises de nutrientes na parte aérea das alfaces e dos adubos verdes as amostras secas e moídas foram pesadas (0,5g) e encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade do Solo do CENA/USP, para as determinações dos teores de macronutrientes (fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio) e de micronutrientes (ferro, cobre, manganês e zinco), como descrito por MALAVOLTA et al. (1997).

3.5.4 Cálculo da Fixação Biológica de Nitrogênio

Com o resultado do $\delta^{15}\text{N}$, foi calculada a FBN dos adubos verdes pela seguinte equação:

$$\%FBN = 100 \left[\frac{(\delta^{15}\text{N}_{\text{controle}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{fixadora}})}{\delta^{15}\text{N}_{\text{controle}} - B} \right]$$

em que: - %FBN : quantidade de nitrogênio, em %, proveniente da FBN.

- $\delta^{15}\text{N}_{\text{controle}}$: quantidade de ^{15}N , em ‰, proveniente da planta controle (não fixadora de N).

- $\delta^{15}\text{N}_{\text{fixadora}}$: quantidade de ^{15}N , em ‰, proveniente da planta fixadora de N.

- B: valor da discriminação isotópica de ^{15}N da planta fixadora de N sem a presença de N do solo, ou seja, somente o N fixado do ar atmosférico. Para o feijão-de-corda : -1,48; e tremoço-branco: -1,16 (BODDEY et al., 2000; NGULUU et al., 2001)

A avaliação da FBN foi realizada mediante uso da abundância natural do ^{15}N nos tecidos de espécies fixadoras de N_2 e não-fixadoras (SHEARER & KOHL, 1986), utilizadas como plantas/espécies referência. Essa técnica é baseada no mesmo princípio da técnica de diluição isotópica, segundo o qual a quantidade do N derivado do ar é

proporcional à diferença de enriquecimento de ^{15}N entre o N derivado do solo, estimado pelo enriquecimento da planta controle, e o enriquecimento do N da fixadora de N_2 (BODDEY et al., 2000). A fixação biológica de N_2 foi estimada, comparando-se a abundância natural de ^{15}N nas leguminosas e na aveia-preta, espécie não fixadora de N_2 .

Não foi possível fazer análise da aveia-preta, pois houve material suficiente para nenhuma determinação; e para os demais adubos verdes foram feitas as análises conforme a quantidade disponível de matéria seca, por este motivo o número de análises entre os adubos verdes foram desiguais.

3.5.5 Cálculo da transferência de N dos adubos verdes para a alface

Para o cálculo dos valores de N transferidos dos adubos verdes para a alface utilizou-se a seguinte equação, segundo Diaz et al. (2007):

$$\%N_{Tava} = 100 \left[\frac{(\delta^{15}\text{N}_{\text{alface exclusivo}} - \delta^{15}\text{N}_{\text{alface+aduboverde}})}{\delta^{15}\text{N}_{\text{alface exclusivo}}} \right]$$

Em que: - $\%N_{Tava}$: quantidade de N nas alfaces, em %, proveniente dos adubos verdes

- $\delta^{15}\text{N}_{\text{alface exclusivo}}$: quantidade de ^{15}N , em ‰, proveniente da alface em cultivo exclusivo.

- $\delta^{15}\text{N}_{\text{alface+aduboverde}}$: quantidade de ^{15}N , em ‰, proveniente da alface em cultivo consorciado com adubos verdes.

3.6 Análise estatística

Na comparação entre médias de épocas de semeadura e sistemas de cultivo utilizaram-se, respectivamente, os testes F e de Tukey, a 5% de probabilidade. Para atendimento das pressuposições da análise de variância, os dados referentes à quantidade de massa fresca da parte aérea do adubo verde (MFAV), à massa seca da parte aérea dos adubos verdes (MSAV) e ao Mn das alfaces, foram transformados em $\log(x)$. Todos os dados foram analisados pelos procedimentos de análise da variância, utilizando-se o programa SANEST (ZONTA & MACHADO, 1984).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O transplante para a área experimental ocorreu aos 28 dias após a semeadura das alfaces (Figuras 3 e 4).



Figura 3 – Plantas de adubos verdes com aproximadamente 20 dias de semeadura para a implantação de consórcio com a cultura da alface, (A) tremoço-branco (B), feijão-de-corda e (C) aveia-preta, Piracicaba, SP, 2005.



Figura 4 – Plantas de alface no momento do transplante em consórcio com aveia-preta aos 60 DAT (A), alface com feijão-de-corda aos 60 DAT (B), alface em consórcio com tremoço-branco aos 60 DAT (C) , Piracicaba, SP, 2005.



Figura 5 - Mudanças de alface intercaladas com adubos verdes. (A) tremoço-branco semeado simultaneamente com alface, proximamente da época de colheita; (B) aveia-preta semeada aos 60 dias antes do transplante de alface; (C) feijão-de-corda e alface (circulo vermelho) com semeadura e plantio simultâneos. Piracicaba, SP, 2005.

Apenas nos tratamentos em que os adubos verdes foram semeados aos 60 dias antes do plantio das alfases, é que foram realizadas podas para o plantio da hortaliça, pois, como a biomassa de adubos verdes estava muito desenvolvida, poderia ocorrer mais competição por luz com as mudas de alface (Figura 4 A e B). Durante o desenvolvimento do consórcio, houve mais uma poda em todos os adubos verdes quando estavam com aproximadamente 90 dias de idade nos tratamentos 60 DAT e com 30 dias de idade nos tratamentos de plantio simultâneo (0 DAT).

A colheita da alface (Figuras 5, 6) ocorreu aos 49 dias após o transplante das mudas (09/11/2005), sendo colhidas para análises, quatro plantas competitivas por parcela. As

alfaces foram coletadas com pá, para se evitarem prejuízos às raízes, e lavadas em água corrente para retirada do excesso de terra aderida.



Figura 6 – Alfaces consorciadas com feijão-de-corda (V), aveia-preta (A), tremoço-branco (T) e em monocultivo (M) aos 0 DAT (esquerda) e 60 DAT (direita). Piracicaba, SP, 2005.

4.1 Quantidade de massa fresca e massa seca da alface

Constata-se, pelos dados Tabela 3, que não houve diferença na quantidade de massa fresca produzida nas cabeças de alface entre os tempos 0 e 60 DAT. Porém, nota-se que o resultado da testemunha foi estatisticamente superior do restante dos adubos verdes, aos 60 DAT.

No plantio simultâneo, a quantidade de massa fresca produzida foi estatisticamente igual em todos os tratamentos, atingindo classe 15 pela classificação de padronização do CEASA, comprovando-se que, com o consórcio com adubos verdes não é afetada a produção comercial de alface, corroborando com COSTA et al. (2003); COSTA et al. (2007) e REZENDE et al. (2006), que estudaram o cultivo de alface consorciado porém, com outras hortaliças. Aos 60 DAT houve competição entre culturas nos tratamentos em que os adubos verdes já estavam estabelecidos, obtendo-se menos produção de alface. PAULA et al. (2005) concluíram o mesmo, avaliando o desempenho produtivo em consórcios entre cebola e alface, com manejo orgânico, variando-se a época de transplante da folhosa para os canteiros de cebola. Ainda, segundo REZENDE et al. (2006) e SALGADO et al. (2006), a produção de alfaces, em sistema consorciado com outra cultura hortícolas, foi maior do que em sistema de monocultivo.

Tabela 3. Quantidade de massa fresca de cabeças de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		-----g planta ⁻¹ -----			
0	194,51 Aa	199,52 Aa	159,76 Aa	180,14 Aa	182,98 ± 14,16
60	222,54 Aa	164,12 Ba	148,03 Ba	149,62 Ba	171,08 ± 14,16
média	208,52	181,82	152,89	164,88	
EPM**	11,98	11,98	11,98	11,98	

CV% tratamentos: 7,7, CV% tempo: 25,0

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Pelos dados da Tabela 4, nota-se que não houve diferença na quantidade de massa seca de alface entre os tempos de plantio, somente entre a testemunha e o restante dos tratamentos aos 60 DAT. SANCHEZ (2007), utilizando a cultivar de alface PiraRoxa em cultivos hidropônicos, determinou valores bem inferiores aos do presente trabalho; porém, ao calcular o grau de umidade da planta, constatou que era a mesma quantidade de água na planta, em torno de 95%.

Tabela 4 – Quantidade de massa seca de cabeças de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		-----g planta ⁻¹ -----			
0	12,49	10,54	8,72	10,03	10,45 ± 0,59 a
60	12,87	8,33	8,36	8,72	9,57 ± 0,59 a
média	12,68 A	9,44 B	8,54 B	9,37 B	
EPM**	0,59	0,59	0,59	0,59	

CV% tratamentos:9,5, CV% tempo: 22,3

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.2 Número de folhas em plantas de alface

Pela Tabela 5, apenas para o tratamento com aveia-preta houve diferença no número de folhas de alface que foi mais no plantio simultâneo do que nas alfaces no tempo 60 DAT. Entre os tratamentos e o tempo, nas parcelas com aveia-preta e na

testemunha foram obtidos resultados estatisticamente superiores em relação àquelas com feijão-de-corda, enquanto na com tremoço-branco não fossem diferentes dos demais tratamentos aos zero DAT. Ao serem analisados os resultados entre os tratamentos aos 60 DAT, verifica-se que, na testemunha, foi obtido maior número de folhas em relação às parcelas com aveia-preta, feijão-de-corda e tremoço-branco.

Nas alfaces nos tratamentos consorciados no tempo 0 DAT obtiveram-se resultados semelhantes aos determinados por outros autores, em consórcio de alface com outra cultura (ANDRADE JUNIOR et al., 2005; REZENDE et al., 2006). Comparando-se o número de folhas da PiraRoxa com os de outras cultivares, SANCHEZ (2007) obteve resultados semelhantes aos do presente trabalho.

Tabela 5 – Número de folhas em alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		----- número de folhas -----			
0	27,83 Aa	28,29 Aa	23,62 Ba	26,00 ABa	26,44 ± 1,15
60	29,04 Aa	23,16 Bb	20,67 Ba	22,75 Ba	23,91 ± 1,15
média	28,44	25,73	22,14	24,37	
EPM**	0,96	0,96	0,96	0,96	

CV% tratamentos:3,7, CV% tempo: 14,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

4.3 Altura e diâmetro das alfaces

Quanto à altura das plantas de alface, não houve interação entre o tempo de semeadura dos adubos verdes. Na Tabela 6 nota-se que, tanto no consórcio com feijão-de-corda a altura foi inferior à dos outros tratamentos, com exceção do tremoço-branco. Para o diâmetro de cabeça das alfaces não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 7).

Mesmo com o número de folhas semelhante ao constatado em outros trabalhos, como relatado no item anterior, a respeito da altura e diâmetro da planta foram

determinados valores menores que os de REZENDE et.al (2006), quando consorciaram alface e pimentão, repolho e rúcula. Segundo esses autores, as alturas e diâmetros das alfaces não foram diferentes daqueles no monocultivo. Estes menores valores de altura e diâmetro podem ter sido causados pela competição por luz e nutrientes entre as plantas no consórcio.

Tabela 6 – Altura das plantas de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		----- cm -----			
0	18,25	19,33	17,6	19	18,56 ± 0,57 a
60	18,9	18,18	16,87	17,56	17,88 ± 0,57 a
média	18,59 A	18,75 A	17,24 B	18,28 AB	
EPM**	0,47	0,47	0,47	0,47	

CV% tratamentos: 3,3, CV% tempo: 9,1

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Tabela 7 – Diâmetro de cabeça de alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		----- cm -----			
0	24,78	24,96	25,02	26,06	25,20 ± 0,44 a
60	25,44	25,12	24,92	24,25	24,93 ± 0,44 a
média	25,10 A	25,04 A	24,97 A	25,16 A	
EPM**	0,44	0,44	0,44	0,44	

CV% tratamentos: 3,0, CV% tempo: 6,5

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Sabendo-se que a principal característica da comercialização da alface é o aspecto visual, segundo o qual é definido o tamanho comercial da planta, nota-se, nas Tabelas 6 e 7 que, com o uso de aveia-preta e tremoço-branco no consórcio não foi alterado o tamanho (diâmetro e altura) da alface. Isso é demonstrativo de que, com a competição da alface com os adubos verdes ou após o pré-cultivo destes, não são negativamente afetadas essas duas variáveis.

4.4 Teor de macronutrientes e micronutrientes na alface

4.4.1. Nitrogênio (N)

Pela Tabela 8 pode-se constatar que o teor de N da alface nos tratamentos com feijão-de-corda consorciado aos 60 DAT foi maior do que na testemunha e com o tremoço-branco mas similar ao com aveia-preta enquanto que, para zero DAT não houve diferença entre os tratamentos. Para os tratamentos com aveia-preta e feijão-de-corda o N acumulado na alface foi maior aos 60 DAT e, nos tratamentos com tremoço-branco e a testemunha, não se constatou diferença no N acumulado entre os tempos de semeadura dos adubos verdes.

O maior valor de N na parte aérea da alface consorciada com feijão-de-corda se deve ao fato de ter sido produzida muito mais massa seca pelo feijão-de-corda, que foi depositada ao solo (Tabela 23), assim, liberando mais N para as alfaces.

SORENSEN & THORUP-KRISTENSES (2003), trabalhando com rotação de adubos verdes com alface repolhuda, constataram valores semelhantes aos do presente trabalho, enquanto que com alfaces crespas houve um menor acúmulo de N pelas plantas de alface da cultivar PiraRoxa. Os autores, porém, determinaram menores valores de N para as duas cultivares plantadas sem a presença de adubos verdes, corroborando os valores deste trabalho. Para SANCHEZ (2007), a cultivar PiraRoxa não foi diferente das demais cultivares por ele testadas em cultivo hidropônico sendo obtidos os mesmos valores de N quando comparados com os da testemunha.

Tabela 8 – Teor de nitrogênio na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio				Média EPM**
	Alface monocultivo	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	33,59 Aa	31,65 Ab	30,69 Ab	32,16 Aa	32,02 ± 0,51
60	32,48 Ba	35,19 ABa	39,24 Aa	32,53 Ba	35,11 ± 0,51
média	33,03	33,92	34,96	32,35	
EPM**	0,72	0,72	0,72	0,72	

CV% tratamentos: 5,5; CV% tempo: 7,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Quando considerado o N acumulado por planta (Tabela 9) pode-se constatar que não houve diferença em relação ao tempo de semeadura dos adubos verdes; somente entre o tratamento testemunha, com acúmulos de mais N, frente aos demais tratamentos. Os resultados podem ser explicados pelo fato da alface em cultivo exclusivo não estar em situação de competição e estar dependente exclusivamente do N contido no solo. Com cultivos sucessivos de alface em monocultivo pode-se ter um rápido decréscimo do N do solo.

Tabela 9 – Nitrogênio acumulado na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		g planta ⁻¹			
0	0,41	0,33	0,26	0,32	0,33 ± 0,017 a
60	0,42	0,3	0,33	0,28	0,33 ± 0,017 a
média	0,42 A	0,32 B	0,30 B	0,30 B	
EPM**	0,02	0,02	0,02	0,02	

CV% tratamentos: 11,7; CV% tempo: 22,5

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Analisando-se os valores de $\delta^{15}\text{N}$ da Tabela 10, os tratamentos aos zero DAT, com aveia-preta e na testemunha obtiveram-se valores superiores de $\delta^{15}\text{N}$ em relação as alfaces do tratamento com tremoço-branco, porém, estatisticamente similares aos daqueles no tratamento com feijão-de-corda. Para 60 DAT, a testemunha não foi diferente apenas do tratamento com aveia-preta. Assim sendo, considerando-se os valores do tratamento testemunha (6,26 e 7,40) e, comparando-os com os dos tratamentos com os adubos verdes, verifica-se a tendência de influência do feijão-de-corda e do tremoço-branco como fornecedores de N para a alface.

Tabela 10 – Valores de $\delta^{15}\text{N}$ na alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	6,26 Ab	6,18 Aa	5,56 ABa	5,25 Ba	5,81 ± 0,24
60	7,40 Aa	6,26 ABa	5,37 Ba	5,42 Ba	6,11 ± 0,26
média	6,83	6,22	5,47	5,34	
EPM**	0,21	0,21	0,21	0,21	

CV% tratamentos: 8,4; CV% tempo: 12,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p > 0,05$), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Na tabela 11 estão apresentados os valores de porcentagem de N transferido do adubo verde para a alface nos tratamentos estudados, aos zero e 60 DAT. Houve mais transferência do N do adubo verde para a alface nos tratamentos com feijão-de-corda e tremoço-branco, com valores estatisticamente diferentes daqueles do tratamento com aveia-preta, resultado este já esperado; porém, com a aveia-preta ainda houve alguma transferência de N para a alface pelas folhas da gramínea, que foram podadas e colocadas sobre o canteiro, obtendo-se assim mineralização do N contido em sua parte aérea.

Menos transferência de N da aveia (Tabela 11) pode ser devida também à sua relação C:N maior do que nos outros adubos verdes (Tabela 26) e pelo fato desta planta não possuir habilidade de fixação simbiótica do nitrogênio dos nódulos radiculares como as da família Fabaceae, o efeito de transferência foi devido à deposição do material das podas da aveia-preta, que foram decompostas e assim liberando o nitrogênio nela contida. SILVA et al. (2006), estudando o efeito residual no N das palhadas do milho e da crotalária para a cultura do milho, constataram que a transferência de N da crotalária foi maior do que no milho, devido à relação C:N deste último ser maior do que a da leguminosa; assim, a disponibilização de N é menos eficiente do que na crotalária.

Os estudos da abundância natural de ^{15}N em consórcios entre plantas ainda são incipientes e jamais utilizados no cultivo de hortaliças. DIAS et al. (2007), estudando a

transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola (híbrido interespecífico de *Digitaria setivalva* x *D. valida*), desenvolvido em consórcio, determinaram valores entre 0 e 37,7% de transferência de N, dependendo da distância do capim em relação às espécies leguminosas.

A quantidade de massa fresca (tabela 3), as estimativas para o $\delta^{15}\text{N}$ (tabela 10) e os valores de transferência de N (tabela 11) nos diferentes tratamentos são demonstrativos da importância dos adubos verdes no cultivo consorciado de hortaliças, principalmente na disponibilidade de N para a alface. Aos 60 DAT, apenas o tratamento de alface em monocultivo foi diferente e superior dos com alface em cultivo consorciado, para quantidade de massa fresca.

Tabela 11 – Valores de N transferido, dos adubos verdes para a alface cv. PiraRoxa em cultivo consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	-----%-----			
0	5,87	15,31	20,09	13,76 ± 3,28 a
60	8,46	18,72	15,14	14,11 ± 4,14 a
média	7,17 B	17,02 A	17,61 A	
EPM**	3,27	3,27	3,27	

CV% tratamentos: 34,5; CV% tempo: 58,5

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p > 0,05$), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

AMBROSANO et al. (2008), estudando o consórcio de tomate-cereja e tremoço-branco, verificaram que 39,5% do N determinados nos frutos eram provenientes do adubo verde; na parte aérea esse valor foi 27,31%.

Para a quantificação do N transferido constatou-se a mesma tendência da porcentagem de N transferido, com óbvia contribuição de mais quantidade de N pelas leguminosas para a alface, em praticamente o dobro em relação à gramínea (Tabela 12).

Esse fato pode ser devido aos teores de nitrogênio mais elevados nas leguminosas e por estas apresentarem menor valor da relação C:N (Tabela 26), facilitando-se a mineralização do N.

Ainda, não houve diferença entre os tempos de semeadura dos adubos verdes, o que possibilita o uso destas práticas: com semeadura antecipada dos adubos verdes ou simultaneamente ao transplante das mudas, sem prejuízos à disponibilidade do N.

Tabela 12 – Quantidade de N transferido dos adubos verdes para a alface cv. PiraRoxa em cultivo consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.***

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	----- kg ha ⁻¹ -----			
0	2,6	4,1	6,4	4,36 ± 1,0 a
60	2,6	6,3	6,1	5,0 ± 2,0 a
média	2,6 B	5,2 A	6,25 A	
EPM**	1,4	1,3	1,4	

CV% tratamentos: 31,0; CV% tempo: 76,0

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

*** população de 100.000 alfaces por hectare

4.5.2. Fósforo (P)

O teor de P na parte aérea da alface (Tabela 13) não foi diferente entre os tratamentos com adubos verdes. Comparando-se os valores constatados por TRANI & RAIJ (1996) aos do presente trabalho, em todos os tratamentos obtiveram-se teores inferiores ao nível considerado adequado para o nutriente P. Isto se deve à grande quantidade de Zn no solo (Tabela 1), que tem um efeito antagonista na absorção de P (MALAVOLTA et al., 1997), portanto, pode-se afirmar que não houve competição pelo nutriente entre a alface e os adubos verdes.

Tabela 13 – Teor de P na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		g kg ⁻¹			
0	2,59	2,53	2,65	2,64	2,60±0,03 a
60	2,61	2,81	2,69	2,65	2,69±0,03 a
média	2,60 A	2,67 A	2,67 A	2,65 A	
EPM**	0,04	0,04	0,04	0,04	

CV% tratamentos: 3,7; CV% tempo: 6,4

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da sementeira dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.3. Potássio (K)

Os teores de K não foram diferentes em relação aos tempos dos cultivos dos adubos verdes, aos zero DAT , somente aos 60 DAT, quando as alfaces nos tratamentos em monocultivo e consorciado com tremoço-branco continham menos nutriente que nos demais (Tabela 14). Os teores de K na planta estão bem abaixo do adequado, segundo TRANI & RAIJ (1996) e MALAVOLTA et al. (1997), mesmo com valores elevados de K no solo (Tabela 1). Isto se deve ao fato de no solo também estar contida uma grande quantidade de Ca e Mg; ainda, segundo MALAVOLTA et al. (1997), em função da relação destes dois nutrientes pode haver inibição competitiva na absorção de K pela planta.

Tabela 14 - Teor de K na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
		g kg ⁻¹			
0	66,94 Aa	63,59 Aa	61,94 Aa	63,78 Aa	64,06±1,26
60	59,10 Bb	67,03 Aa	65,95 Aa	61,69 ABa	63,44±1,26
média	63,02	65,31	63,95	62,73	
EPM**	1,24	1,24	1,24	1,24	

CV% tratamentos: 3,8; CV% tempo: 8,4

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da sementeira dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.4. Enxofre (S)

Pela Tabela 15, os valores dos teores de S não foram diferentes em relação ao tempo de semeadura dos adubos verdes e nem entre os adubos verdes. Os teores de S no solo podem ser considerados baixos, segundo Raij et al. (1996); porém, o nível de S na planta foi o dobro do estabelecido por TRANI & RAIJ (1996). SANCHEZ (2007), em cultivo hidropônico de alface PiraRoxa, determinou valores inferiores aos considerados por TRANI & RAIJ (1996).

Tabela 15 - Teor de S na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	2,20	2,45	2,38	2,41	1,36±0,05 a
60	2,36	2,45	2,48	2,23	2,38±0,05 a
média	2,28 A	2,45 A	2,43 A	2,32 A	
EPM**	0,06	0,06	0,06	0,06	

CV% tratamentos: 7,5; CV% tempo: 9,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p>0,05$), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.5. Cálcio (Ca)

Os teores de Ca, pela Tabela 16, não foram diferentes entre os tratamentos. Somente entre as épocas de semeadura da aveia-preta notou-se um incremento de Ca aos zero DAT para 60 DAT. Esses valores, entretanto, podem ser considerados baixos em relação ao valor considerado adequado por TRANI & RAIJ (1996); isto se deve ao fato do solo também estar com valores considerados elevados de Mg (Tabela 1) que pode ter induzido a um efeito antagonista com o Ca na absorção pela planta. Se comparados os resultados do tratamento testemunha do presente trabalho com os de SANCHEZ (2007), para a cultivar PiraRoxa foram obtidos valores semelhantes para o Ca e, em ambos os trabalhos, não foram constatados sintomas de deficiência deste macronutriente.

Tabela 16 - Teor de Ca na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	7,67 Aa	7,04 Ab	7,51 Aa	6,95 Aa	7,30±0,09
60	6,92 Aa	7,89 Aa	7,59 Aa	7,68 Aa	7,52±0,09
média	7,30	7,47	7,55	7,32	
EPM**	0,21	0,21	0,21	0,21	

CV% tratamentos: 5,7; CV% tempo: 10,3

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p>0,05$), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.6. Magnésio (Mg)

Na Tabela 17 não houve diferenças entre tratamentos e nem para o tempo do tratamento testemunha em relação aos de alface consorciados. Apesar do solo estar com elevada quantidade de Mg (Tabela 1), os níveis desse macronutriente nas alfaces são considerados baixos (TRANI & RAIJ, 1996, MALAVOLTA et al.,1997). Porém, SANCHEZ (2007) também determinou teores abaixo do considerado adequado para a mesma cultivar de alface. Este reduzido nível de Mg na planta pode ter sido causado pela grande quantidade de Ca e K no solo (MALAVOLTA et al.;1997).

Tabela 17 - Teor de Mg na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	3,67	3,52	3,46	3,42	3,52±0,07 a
60	3,59	3,46	3,59	3,60	3,59±0,07 a
média	3,63 A	3,49 A	3,59 A	3,51 A	
EPM**	0,08	0,08	0,08	0,08	

CV% tratamentos: 5,2; CV% tempo: 8,8

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p>0,05$), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.7. Cobre (Cu)

Os teores de Cu não foram diferentes entre a alface em consórcio e a em monocultivo (Tabela 18). Os resultados estão de acordo com JONES JÚNIOR et al. (1991); TRANI & RAIJ (1996); TRANI (2001) e MENEZES JÚNIOR et al. (2004), para várias cultivares de alface. SANCHEZ (2007), estudando diversas cultivares de alface, dentre elas a PiraRoxa, em cultivo hidropônico, obteve teores de Cu mais elevados do que os determinados no presente trabalho. ALEXANDER et al. (2006), comparando cinco cultivares de alface com outras hortaliças, constatou que, das seis espécies estudadas, a alface foi a segunda em quantidade de Cu acumulada na folha, sendo inferior apenas ao espinafre. Este elevado valor de Cu pode ter sido causado pela grande capacidade da planta de alface na extração desse elemento do solo na época do plantio e, segundo RAIJ et al. (1996), pode ser considerado médio.

Tabela 18 - Teor de Cu na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	17,97	17,69	15,77	16,98	17,10±0,75 a
60	16,69	18,02	16,63	16,18	16,88±0,75 a
média	17,33 A	17,86 A	16,20 A	16,58 A	
EPM**	0,51	0,51	0,51	0,51	

CV% tratamentos: 8,3; CV% tempo: 13,3

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p>0,05$), respectivamente.

* Número de dias da sementeira dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.8. Ferro (Fe)

O teor de ferro na planta (Tabela 19) não foi variável com o tempo de sementeira dos adubos verdes porém, houve diferença entre os tratamentos, sendo os valores nas alfaces consorciadas significativamente inferiores aos do tratamento testemunha, à exceção dos tratamentos com aveia-preta.

Em relação aos resultados de TRANI (2001), os níveis do micronutriente na planta estão altos e isto pode ser explicado pela grande quantidade de Fe no solo, cujos valores são altos (RAIJ et al. 1996). Em cultivos hidropônicos alguns autores também

determinaram valores considerados altos de ferro, como ANTÔNIO (1996) e CORTEZ (1999). Deve-se ressaltar, que mesmo quando o nível de ferro está elevado, podem não ser constatados sintomas de excesso de Fe nas plantas.

Tabela 19 - Teor de Fe na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Alface monocultivo	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
		Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
			mg kg ⁻¹		
0	2881,54	2619,23	1798,57	1583,86	2220,80±146,85 a
60	3472,63	2214,82	1281,76	1733,30	2175,63±146,85 a
média	3177,08 A	2417,02 AB	1540,16 B	1658,58 B	
EPM**	313,94	313,94	313,94	313,94	

CV% tratamentos: 35,3; CV% tempo: 45,5

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p>0,05$), respectivamente.

* Número de dias da sementeira dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.9. Manganês (Mn)

Pela Tabela 20, pode-se constatar diferença nos teores de Mn entre as alfaces produzidas em monocultivo, com aquelas em consórcio com o feijão-de-corda. Também houve diferença entre o tempo de consórcio da alface com a aveia-preta; nestes dois casos constatou-se menos aproveitamento que no consórcio das alfaces e o adubo verde pelo Mn.

Segundo TRANI (2001), SANCHEZ et al. (1991) e TRANI & RAIJ (1996), os valores de Mn em todos os tratamentos podem ser considerados normais para as alfaces. SANCHEZ (2007), utilizando duas cultivares de alfaces roxas, constatou resultados semelhantes aos do presente trabalho, sendo que, em PiraRoxa, os valores de Mn eram menores do que na cultivar Pira-Vermelha. Pela análise dos solos na época de implantação do experimento e, comparando-se com RAIJ et al. (1996), percebe-se que o valor de Mn no solo é considerado alto; porém, não houve manifestação de sintoma de excesso do elemento na planta.

Tabela 20 - Teor de Mn na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio				Média EPM**
	Alface monocultivo	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	----- mg kg ⁻¹ -----				
0	79,91 Aa	80,01 Aa	59,47 Aa	64,16 Aa	70,89±3,90
60	82,38 Aa	55,20 ABb	44,32 Ba	76,08 Aa	64,49±3,90
média	81,15	67,61	51,89	70,12	
EPM**	5,41	5,41	5,41	5,41	

CV% tratamentos: 3,5; CV% tempo: 6,5

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.5.10. Zinco (Zn)

O teor de Zn, pela Tabela 21, não foi diferente em relação ao tempo de transplante das alfaces. Somente houve diferença entre os valores do tratamento testemunha, significativamente superiores e os dos com feijão-de-corda.

Ao serem comparados os valores obtidos no trabalho com os de outros autores, constata-se que são superiores aos níveis considerados adequados por SANCHEZ et al. (1991) e ALEXANDER et al. (2006). Porém, em relação aos de TRANI & RAIJ (1996) e JONES JÚNIOR et al. (1991), são considerados baixos e também aos de VILLAS BÔAS et al. (2004), que estudaram a cultivar Elisa em diferentes compostos orgânicos e obtiveram valores bem altos para o elemento nas plantas. Já SANCHEZ (2007) determinou, para a cultivar PiraRoxa, valores semelhantes em cultivo hidropônico. Apesar dos teores de Zn no solo (Tabela 1) serem considerados altos (RAIJ et al. 1996), não se detectou sintomas de toxidez nas folhas de alface.

Tabela 21 - Teor de Zn por planta na parte aérea da alface cv. PiraRoxa em cultivo exclusivo e consorciado com adubos verdes, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio				Média EPM**
	Alface monocultivo	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	----- mg kg ⁻¹ -----				
0	72,08	65,06	61,94	67,40	66,62±1,45 a
60	63,96	70,06	61,51	59,55	63,77±1,45 a
média	68,02 A	67,56 AB	61,72 B	63,47 AB	
EPM**	2,42	2,42	2,42	2,42	

CV% tratamentos:10,0; CV% tempo: 11,3

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Pelos resultados obtidos e apresentados nas tabelas anteriores e comparando-os do tratamento testemunha com os de diversos trabalhos (SANCHEZ, 2007; TRANI & RAIJ, 1996; MALAVOLTA et al.,1997; PÔRTO, 2006; ALEXANDER et al., 2006), pode-se supor que houve uma grande competição por nutrientes entre os adubos verdes e a alface para os elementos Zn, Mn e Fe e portanto, nos cultivos consorciados os micronutrientes foram menos disponibilizados para a alface.

4.6 Caracterização dos adubos verdes quanto aos teores de carbono, nitrogênio e relação C:N

4.6.1 Quantidade de massa fresca e massa seca dos adubos verdes

Pode-se constatar, pela tabela 22, que houve diferença estatística em relação aos dois tempos de semeadura dos adubos verdes estudados. Aos 60 dias os adubos verdes tiveram mais produção de massa fresca do que aos 0 DAT, devido a mais tempo para desenvolvimento das plantas. Ainda pelos dados da tabela 22, nota-se que a quantidade de massa fresca produzida pelo feijão-de-corda foi estatisticamente bastante superior às do tremoço-branco e da aveia-preta, sendo que a do tremoço-branco ainda foi diferente daquela da aveia-preta; porém, em todos os adubos verdes a produção foi inferior às obtidas por BORKERT et al. (2003) e QUEIROGA et al. (2002), isto pode ser explicado pelo plantio dos adubos verdes serem realizados fora de sua época de melhor desenvolvimento. Esta pouca produtividade de massa fresca pode ser justificada pela poda da parte aérea das plantas, sendo eliminadas as gemas apicais. Outro fator

importante da reduzida produtividade é que o tremoço-branco e a aveia-preta são plantas de cultivo típico no outono-inverno, e podem ter sido prejudicadas pela época de implantação do experimento, em que nota-se na Figura 1 que logo após a semeadura dos adubos verdes foram detectadas temperaturas mais quentes, o que não é o ideal para as duas culturas.

Tabela 22 – Quantidade de massa fresca da parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	----- kg ha ⁻¹ -----			
0	478,37	3850,32	1100,32	1800,46±861,57 b
60	11072,55	49476,85	20142,92	26896,76±861,57 a
média	5775,46 C	26570,23 A	10607,64 B	
EPM**	1050,92	1050,92	1050,92	

CV% tratamentos: 4,2; CV% tempo: 5,2

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Com o feijão-de-corda obteve-se uma produtividade significativa e superior em relação à aveia-preta e ao tremoço-branco; porém, entre estas últimas não houve diferença. Os valores de quantidade de biomassa seca foram inferiores aos de GIACOMINI et al. (2003); BORKERT et al. (2003) e QUEIROGA et al. (2002) (Tabela 23), o que indica que a temperatura no momento da semeadura, para o feijão-de-corda, e durante o desenvolvimento, para a aveia-preta e tremoço-branco, interferiram na produção de massa seca.

Tabela 23 – Quantidade de massa seca da parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	----- kg ha ⁻¹ -----			
0	135,74	447,31	158,19	247,08 ± 214,67 b
60	2042,50	5644,58	2620,69	3435,93 ± 214,67 a
média	1089,12 B	3045,97 A	1389,44 B	
EPM**	371,85	371,85	371,85	

CV% tratamentos: 4,8; CV% tempo: 6,7

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.6.2 Carbono

Pelas análises do C-total (Tabela 24) constata-se que não houve diferença entre as épocas de semeadura e também entre os diferentes adubos verdes. Porém, para a aveia-preta o C-total pode ser considerado muito baixo se comparado aos valores determinados por outros autores (WISNIEWSKI & HOLTZ, 1997; CALEGARI et al., 1993); além disso, sua relação C:N também foi reduzida (Tabela 26).

Tabela 24 – Teores de C-total por planta na parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
	----- % -----			
0	***	42,77 (6)	43,05 (4)	42,88 ± 1,24 (10) a
60	42,55 (5)	44,46 (2)	43,72 (4)	43,32 ± 1,15 (11) a
média	42,55 (5) A	43,19 (8) A	43,38 (8) A	
EPM**	0,71	1,32	1,3	

CV% tratamentos: 0,1; CV% tempo: 0,4

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

Os valores entre parênteses referem-se ao número de coletas.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

*** Na época zero DAT não foram feitas análises por falta de material

4.6.3 Nitrogênio

Tabela 25 – Teores de N-total por planta na parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	***	4,04 (6)	4,15 (4)	4,08 ± 0,68 (10) a
60	2,48 (5)	3,80 (2)	4,21 (4)	3,35 ± 0,91 (11) a
média	2,48 (5) B	3,98 (8) A	4,18 (8) A	
EPM**	0,31	0,29	0,8	

CV% tratamentos: 13,8; CV% tempo: 16,27

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p > 0,05$), respectivamente.

Os valores entre parênteses referem-se ao número de coletas.

* Número de dias da sementeira dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

*** Na época zero DAT não foram feitas análises por falta de material

Conforme os valores na tabela 25, para o N-total, não houve diferença nos teores de N-total em relação ao tempo de sementeira dos adubos verdes; porém, entre as diferentes espécies, no tremoço-branco e no feijão-de-corda foi verificado mais acúmulo de N-total em relação à aveia-preta. Os teores de N-total na aveia-preta e no tremoço-branco também foram determinados por BARRADAS et al. (2001), em experimento em solo com níveis adequados de fertilidade e em que obtiveram valores semelhantes aos do presente trabalho. Esse maior valor de acúmulo de N-total nas plantas leguminosas é devido ao fato destas serem fixadoras de N pela FBN.

4.6.4 Relação C:N

A relação C:N dos adubos verdes não foi estatisticamente diferente entre os tempos de sementeira dos adubos verdes (tabela 26). Quanto aos diferentes adubos verdes, na gramínea aveia-preta foram determinados maiores valores do que nas outras plantas. Tais resultados foram semelhantes aos de YONEYAMA & OHTANI (1983), de FOWLER et al. (2004) e de PYPERS et al. (2005), em que se comparou a relação C:N de leguminosas e gramíneas. GIACOMINI et al. (2003), em experimento com aveia-preta e ervilhaca comum (*Vicia villosa*), obtiveram resultados três vezes maiores para a aveia em relação à ervilhaca, o que não foi determinado no presente trabalho. Para o feijão-de-corda e o tremoço-branco foram obtidos resultados semelhantes aos de

CLEMENT et al. (1998), que estudaram a dinâmica do nitrogênio em diversos adubos verdes.

Uma justificativa para a relativa relação C:N na aveia-preta é o fato dessa gramínea ter sido desenvolvida como um cultivo de verão e o calor ser prejudicial ao seu desenvolvimento (PORTAS & VECHI, 2006); logo, não há condição tão favorável para acúmulo de C na planta como em seu cultivo no inverno.

Tabela 26 – Relação C:N por planta na parte aérea dos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tratamentos em consórcio			Média EPM**
	Alface com aveia-preta	Alface com feijão-de-corda	Alface com tremoço-branco	
0	***	10,63 (6)	10,94 (4)	10,75 ± 1,75 (10) a
60	17,35 (5)	11,72 (2)	10,46 (4)	13,82 ± 3,71 (11) a
média	17,35 (5) B	10,90 (8) A	10,70 (8) A	
EPM**	2,15	0,84	1,99	

CV% tratamentos: 8,11; CV% tempo: 23,76

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não são diferentes entre si, pelos testes F e Tukey ($p > 0,05$), respectivamente.

Os valores entre parênteses referem-se ao número de coletas.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

*** Na época zero DAT não foram feitas análises por falta de material

4.6.5. Fixação Biológica de Nitrogênio (FBN)

Na tabela 27 o valor de FBN foi maior no tremoço-branco que no feijão-de-corda aos 60 DAT. Em ambos os tratamentos, a FBN foi menor do que nas médias determinadas por CASTRO et al. (2004) e REINING (2005), porém semelhantes aos de OKITO et al (2004) que estudaram outras leguminosas e determinaram valores superiores a 80% de N pela FBN. E esta diferença pode ser explicada pelo momento da coleta das amostras dos adubos verdes, em que o tremoço-branco estava no início do florescimento, e o feijão-de-corda não.

Quanto à quantidade de N fixada do adubo verde (Tabela 28), o feijão-de-corda se destaca pelo fato da produção de mais quantidade de matéria seca (Tabela 23), obtendo-se valores maiores que 80 kg ha^{-1} , enquanto que no tremoço-branco determinou-se a média de 67 kg ha^{-1} . As pequenas quantidades de N aos 0 DAT são justificados pelo pouco desenvolvimento dos adubos verdes, pois os mesmos estavam

com cerca de 30 dias no momento da coleta para análise de FBN; e os adubos verdes aos 60 DAT estavam com 90 dias de desenvolvimento.

A quantidade de N da FBN no feijão-de-corda é devida sua grande produção de massa seca em relação à do tremoço-branco (Tabela 28). Porém, em ambos foi fixado pouco N pela FBN nas duas épocas de semeadura se comparado com BARRADAS et al. (1997) que determinaram 42 kg ha⁻¹ de nitrogênio fixado para o tremoço-branco com 79 dias de desenvolvimento e 231 kg ha⁻¹ aos 119 dias; enquanto PESSANHA (1992) em levantamento de estimativas de fixação de N₂ constatou valores de 73 kg ha⁻¹ a 354 kg ha⁻¹ por ciclo.

Tabela 27 – Fixação biológica de nitrogênio pelos adubos verdes utilizados no consórcio com alface cv. PiraRoxa, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tremoço-branco	Feijão-de-corda	Média ± EPM**
	-----%-----		
0	56,94	34,73	45,84±2,63 a
60	60,91	37,75	49,33±3,53 a
Média	58,93 A	36,24 B	
EPM**	2,88	3,33	

CV% tratamentos: 29,52

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

Tabela 28 – Quantidade de N fixado pelos adubos verdes da FBN, Piracicaba, SP, 2005.

DAT*	Tremoço-branco	Feijão-de-corda	Média ± EPM**
	-----kg ha ⁻¹ -----		
0	3,73	6,25	4,71 ± 2,16 b
60	67,19	80,96	71,32 ± 3.29 a
Média	34,90 B	41,12 A	
EPM**	2,25	2,44	

CV% : 29,52

Médias seguidas de mesma letra, minúscula nas colunas e maiúsculas nas linhas, não diferem entre si, pelos testes F e Tukey (p>0,05), respectivamente.

* Número de dias da semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

** Erro padrão da média

4.6.6 Macronutrientes (P, K, S, Ca e Mg)

Pela tabela 29, nota-se que, na aveia-preta, foram acumulados $2,46 \text{ g kg}^{-1}$ de P, corroborando resultados obtidos por BORKERT et al. (2003) e GOUVEIA & ALMEIDA (1997) porém, inferiores aos obtidos por NAKAGAWA & ROSOLEM (2005), que determinaram valores médios de $4,8 \text{ g kg}^{-1}$. Para o K, nessa mesma leguminosa, o valor de $29,39 \text{ g kg}^{-1}$ foi semelhante ao verificado por BORKERT et al. (2003), mas considerado elevado se comparado com os dos trabalhos de GOUVEIA & ALMEIDA (1997) e de NAKAGAWA & ROSOLEM (2005). Para o S os valores foram baixos em relação aos resultados de NAKAGAWA & ROSOLEM (2005), que obtiveram valores duas vezes maiores do que no presente trabalho. Para o Ca e Mg os valores foram similares aos obtidos por GOUVEIA & ALMEIDA (1997) e BORKERT et al. (2003), sendo considerados baixos em relação aos de NAKAGAWA & ROSOLEM (2005).

Para o tremoço-branco (Tabela 29) obtiveram $2,18 \text{ g kg}^{-1}$ de P, resultado maior que os $0,78 \text{ g kg}^{-1}$ e $0,99 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente constatados por GOUVEIA & ALMEIDA (1997) e FERNANDES & MURAOKA (2002). BORKERT et al. (2003) e GOUVEIA & ALMEIDA (1997), estudando adubos verdes para cobertura de solo, determinaram valores inferiores para o K e semelhantes para o Mg; também, valores superiores para o Ca em relação aos do presente trabalho.

Para o feijão-de-corda obtiveram-se os valores $2,63 \text{ g kg}^{-1}$, $42,4 \text{ g kg}^{-1}$, $3,38 \text{ g kg}^{-1}$, $18,33 \text{ g kg}^{-1}$ e $5,44 \text{ g kg}^{-1}$ para os nutrientes P, K, S, Ca e Mg, respectivamente. SILVA et al. (2006) verificaram valores maiores para o P e muito reduzidos para o Ca, enquanto BAGAYOKO et al. (2000), estudando a inoculação de micorrizas em feijão-de-corda, constataram valores semelhantes para o P e inferiores para o K e Ca, e superiores para o Mg, em comparação aos do presente trabalho. Já CASTRO et al. (2005), em cultivo consorciado de berinjela e feijão-de-corda, obtiveram valores mais altos de Ca e P e semelhantes de Mg e K em relação ao feijão-de-corda em policultivo com a alface.

Mesmo os adubos verdes utilizados serem plantados fora da época, os valores de macronutrientes estavam próximos dos determinados pelos autores citados anteriormente que desenvolveram seus trabalhos fazendo o plantio dos adubos verdes

em sua época certa, o que indica que o tempo não interferiu na extração de nutrientes pelos adubos verdes.

Apesar dos valores de alguns nutrientes mais elevados em relação aos de trabalhos de outros autores, a nutrição das alfaces não teve interferência na extração de nutrientes pelos adubos verdes, sendo que os teores de macronutrientes constatados no experimento podem ser incorporados no solo, e posteriormente serem extraídos pela alface, segundo constatado por FONTANÉTTI et al. (2006), que estudaram adubação verde para os cultivos de alface americana e repolho.

Tabela 29 - Teores de macronutrientes na parte aérea de adubos verdes. Piracicaba, SP, 2005.

Adubos verdes	P	K	S	Ca	Mg
	-----g kg ⁻¹ -----				
Aveia-preta	2,46	29,39	2,07	4,36	3,01
Feijão-de-corda	2,63	42,40	3,38	18,33	5,44
Tremoço-branco	2,18	29,52	2,14	6,42	3,55

4.6.7. Micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn)

Os valores para a aveia-preta, relacionados na Tabela 30, são menores para o Fe e Mn e semelhantes para o Cu e Zn, conforme os determinados por NAKAGAWA & ROSOLEM (2005), em aveia-preta sem adubação com P₂O₅. MENEZES & LEANDRO (2004), estudando diferentes espécies de planta para cobertura do solo, verificaram, na aveia-preta, valor de 544,90 mg kg⁻¹ de Fe, quatro vezes a mais do que o neste experimento.

Ainda pela Tabela 30, os valores dos micronutrientes no tremoço-branco foram semelhantes aos de trabalhos de ANDRADE et al. (2002) e de BORKERT et al. (2003), com exceção dos de Mn que, no presente experimento, foram maiores do que os determinados pelos autores mencionados. AMBROSANO et al. (1997) determinou para a crotalária valores de 1400 mg kg⁻¹, em que as plantas não se desenvolviam devido á toxidez causada pelo elemento, porém no presente trabalho a planta leguminosa não apresentou sintoma de excesso de Mn.

Para o feijão-de-corda os valores foram semelhantes aos constatados por NOGUEIRA et al. (2007), que utilizaram diversos tipos de compostos à base de lodo de esgoto no cultivo de feijão-de-corda consorciado com milho.

Pelo fato dos adubos verdes terem sido plantados fora de sua época ideal, supõe-se que interferiu no acúmulo de micronutrientes em relação aos trabalhos dos autores mencionados anteriormente.

Com os teores de micronutrientes dos adubos verdes constatados (Tabela 30) e a pouca concentração nas alfaces em relação às alfaces em cultivo exclusivo (Tabelas 18, 19, 20 e 21), nota-se que houve competição pelos elementos Fe, Mn e Zn; porém, pode haver retorno destes micronutrientes ao solo no momento da poda dos adubos verdes, com extração pela alface em outro momento.

Tabela 30 - Teores de micronutrientes na parte aérea de adubos verdes. Piracicaba, SP, 2005.

Adbos verdes	Cu	Fe	Mn	Zn
Aveia-preta	8,26	123,63	76,23	47,80
Feijão-de-corda	11,11	312,02	68,67	53,21
Tremoço-branco	8,52	233,27	4066,30	51,32

4.7 Considerações gerais

As médias de quantidade de massa seca e fresca produzidas na alface em monocultivo sempre foram superiores às na alface em policultivo porém, sem interferência negativa no tamanho das cabeças de alface. Para o alficultor isso pode vir a ser uma vantagem, pois pode produzir a mesma cabeça de alface sem que o solo seja exaurido em nutrientes constatado ocorre nos monocultivos com o passar do tempo.

Quanto aos teores de macro e micronutrientes na alface em cultivo exclusivo, pode-se dizer que houve uma extração além da necessária para o desenvolvimento das alfaces, uma vez que, quanto ao estado nutricional das alfaces em policultivo com adubos verdes as quantidades de nutrientes foram semelhantes às constatadas por diversos autores (SANCHEZ, 2007; TRANI e RAIJ, 1996; RAIJ et al., 1996; MALAVOLTA et al., 1997).

É importante ressaltar que, mesmo havendo indícios de competição, seja por luz, água ou nutrientes nos consórcios, foi atingido o padrão comercial das alfaces ao mesmo tempo em que nos cultivos exclusivos.

A quantificação dos teores de N transferido dos adubos verdes para a alface só foi possível graças à utilização da técnica da abundância natural do isótopo ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$), que se revelou muito precisa.

Ainda em relação ao aporte de N derivado da FBN, notou-se a grande contribuição dos adubos verdes da família Fabaceae ao sistema de consórcio com uma cultura comercial de hortaliça de ciclo curto. Isto pode ser justificado pela reduzida relação C:N das plantas leguminosas, fazendo com que a disponibilidade de nutrientes, principalmente a do nitrogênio, fosse imediata a ponto de não haver diferenças entre os tempos de instalação do consórcio.

Outro fato constatado foi a relação C:N da aveia-preta, também reduzida para uma gramínea, sendo propiciada pouca transferência de N. Com a utilização do consórcio é possibilitada a pronta disponibilidade de N para a cultura principal no momento do corte da leguminosa. Neste caso a cultura principal é beneficiada com N_2 fixado pelas leguminosas, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados e pela decomposição dos nódulos e raízes, ou mais intensamente pelo corte da parte aérea da

leguminosa que irá ser decomposta, sendo liberados nutrientes durante o desenvolvimento da alface.

Nesse contexto, faz-se necessária, para um entendimento mais adequado do efeito e do sucesso da adubação verde intercalar, a continuidade das pesquisas, principalmente no que se refere à sincronização do tempo de implantação do consórcio, às espécies de adubos verdes a serem empregadas e sua distribuição espacial junto à cultura de interesse econômico para diminuição, ao máximo, do efeito de competição entre as plantas. Vale lembrar também a necessidade de pesquisas sobre o efeito residual do policultivo (alface e adubo verde) para a cultura subsequente, já que o ciclo das culturas hortícolas é considerado curto.

5 CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nas condições do experimento, conclui-se que:

- a) A duração do ciclo das alfaces para tamanho comercial é a mesma em monocultivo ou em consórcio.
- b) Em sistema de cultivo em consórcio há transferência de N proveniente da FBN dos adubos verdes tremoço-branco e feijão-de-corda para a alface.
- c) Os nutrientes são mais disponibilizados à cultura da alface em monocultivo do que em consórcio com adubos verdes.
- d) O intervalo de tempo para o estabelecimento do sistema consorciado não tem interferência na produção de alface, podendo ser estabelecido aos zero ou 60 DAT.

6 REFERÊNCIAS

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência Solo**, v.27, n.4, p.601-612. 2003.

AITA, C.; URQUIAGA, S.; SISTI, C.P.J.; ALVES, B.J.R.; BODDEY, R.M.; GIACOMINI, S.J. Estimativa da fixação biológica de N em leguminosas para adubação verde usando variações na abundância natural em ^{15}N . In: **FERTBIO**, 2004, Lages, 2004. CD-ROM

AITA, C.; GIACOMINI, S.J. e FRIES, M.R. Ciclagem de nutrientes no solo com plantas de cobertura e dejetos de animais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 24/ REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8/ SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6/ REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., 2000, Santa Maria. **Palestras**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. CD-ROM

ALEXANDER, M. Nitrification. In: BARTHOLOMEN, W.V.; CLARK, F.E. (Ed.). **Soil nitrogen**. Madison: American Society of Agronomy, p. 307-343. 1965,

ALEXANDER, P.D.; ALLOWAY, B.J.; DOURADO, A.M. Genotypic variations in the accumulation of Cd, Cu, Pb e Zn exhibited by commonly grown vegetables. **Environmental Pollution**, v.144, n.3, p. 736-745. 2006.

ALTIERI, M.A.; SILVA, E.N.; NICHOLLS, C.I. **O papel da biodiversidade no manejo de pragas**. Ribeirão Preto: Holos, 2003. 226p.

AMBROSANO, E.J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalaria júncea (*Crotalaria júncea*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho**. 83p. ,1995, Tese (doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

AMBROSANO, E.J.; SAKAI, R.H.; SCHAMMASS, E.A.; GUIRADO, N.; ROSSI, F.; NEGRINI, A.C.A.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T.; CAMARGO, L.F.;

AZEVEDO FILHO, J.A. Uso da técnica da abundância natural de ^{15}N na quantificação da contribuição do nitrogênio dos adubos verdes para tomate cereja em cultivo consorciado. SEMINÁRIO DOS PROGRAMAS ESTRATÉGICOS DA APTA – SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL, 2º, 2008 Barra Bonita. **Anais**, Barra Bonita: APTA, 2008. CD-rom.

AMBROSANO, E.J.; TRIVELIN, P.C.O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária júncea e mucuna-preta com ^{15}N para estudos de dinâmica do nitrogênio. **Bragantia**, v.56, n.1, p.219-224. 1997.

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; TANAKA, R.T.; MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; MURAOKA, T. **Leguminosas para adubação verde: uso apropriado em rotação de culturas**. Campinas: CATI, 1997. 24p. (Apostila)

AMBROSANO, E.J.; WUTKE, E.B.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C. de. Leguminosas: alternativas para produção ecológica de grãos em diferentes regiões agroecológicas de Estado de São Paulo. In: AMBROSANO, E.J. (Coord.) **Agricultura Ecológica**. Guaíba: Agropecuária, p.161-178, 1999.

ANDRADE, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; OLIVEIRA, E. L. Effect of organic matter on manganese solubility. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.45, n.1, p.17-20. 2002.

ANDRADE JÚNIOR, V.C.; YURI, J.E.; NUNES, U.R.; PIMENTA, F.L.; MATOS, C.S.M.; FLORIO, F.C.A.; MADEIRA, D.M. Emprego de tipos de cobertura de canteiro no cultivo da alface. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.4, p.899-903, 2005.

ANTÔNIO, I.C. **Análise do comportamento da cultura da alface em sistema hidropônico, tipo NFT, com e sem o uso de nutrientes quelatizados na solução nutritiva**. 1996. 88f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

ATANASSOVA, B.; DASKALOV, S.; SHTEREVA, L.; BALATCHEVA, E. Anthocyanin mutations improving tomato and pepper tolerance to adverse climatic conditions. **Euphytica**, Wageningen, v.120, n.3, p.357-365, 2001.

AZCON R.; AMBROSANO E.J.; CHAREST C. Nutrient acquisition in mycorrhizal lettuce plants under different phosphorus and nitrogen concentration. **Plant science**, v.165, n.5, p.1137-1145, 2003.

BAGAYOKO, M.; GEORGE, E.; ROMHELD, V.; BUERKERT, A. Effects of mycorrhizae and phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cowpea and sorghum on a West African soil. **Journal of Agricultural Science**, v.135, p.399-407, 2000.

BARRADAS, C.A.A.; FREIRE, L.R.; ALMEIDA, D.L. de; DE-POLLI, H. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.12, p. 1461-1468, 2001.

BARROS JÚNIOR, A.P.; BEZERRA NETO, F.; NEGREIROS, M.Z.; OLIVEIRA, E.Q.; SILVEIRA, L.M.; CÂMARA, M.J.T. Desempenho agrônômico do bicultivo da alface em sistemas consorciados com cenoura em faixa sob diferentes densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.3, p.712-717, 2005.

BECKER, M.; LADHA, J.K.; ALI, M. Green manure technology: potential, usage, and limitations. A case study for lowland rice. **Plant and Soil**, v.174, p. 181-194, 1995.

BODDEY, R.M.; DE OLIVEIRA, O.C., URQUIAGA, S., REIS, V.M., OLIVARES, F.L., BALDANI, V.L.D.; DÖBEREINER, J. Biological nitrogen fixation associated with sugar cane and rice: contributions and prospects for improvement. **Plant and Soil**, v.174, n.1-2, p.195-209, 1995.

BODDEY, R. M.; PEOPLES, M. B.; PALMER, B.; DART, P. Use of the ¹⁵N natural abundance technique to quantify biological nitrogen fixation by woody perennials. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.57, n.3, p. 235-270. 2000.

BORKERT, CM.; GAUDÊNCIO, C. de A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JUNIOR, A. de. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, n.1, p. 143-153, 2003.

BULISANI, E.A.; COSTA, M.B. da C.; MIYASAKA, S.; CALEGARI, A.; WILDNER, L. do P.; AMADO, T.J.C.; MONDARDO, A. Adubação verde nos estados de São

Paulo, Paraná. Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: COSTA, M.B. da C., (coord.) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, parte II, p. 59-206, 1992.

CALEGARI, A. Manejo de adubação verde. In: ENCONTRO NACIONAL DE ROTAÇÃO DE CULTURAS, 2, 1992, Campo Mourão. **Anais**. Campo Mourão, p.104-116. 1993.

CALEGARI, A.; ALCÂNTARA, P.B.; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. Caracterização das principais espécies de adubo verde. In: COSTA, M.B. da C., (coord.) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS/PTA, p.207-327, 1993.

CATTELAN, A. J. Aumento no número de pêlos radiculares em plântulas de soja inoculadas com bactérias promotoras do crescimento. p. 393-397. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 3 **Anais**. Embrapa, Londrina. 421 p. 1995.

CASTRO, C.M. de; ALVES, B.J.R.; ALMEIDA, D.J.A.; RIBEIRO, R.de L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.779-785, 2004.

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

CEASA – Centrais de Abastecimento de Campinas SA. Disponível em http://www.ceasacampinas.com.br/padronizacao_alface.htm. Acesso em 28 de junho de 2008.

CHOI, B.; OHE, M.; HARADA, J.; DAIMON, H. Role of belowground parts of green manure legumes, *Crotalaria spectabilis* and *Sesbania rostrata*, in N uptake by the succeeding tendergreen mustard plant. **Plant Production Science**, v.11, n.1, p.116-123, 2008.

CLEMENT, A., LADHA, J.K.; CHALIFOUR, F.P. Nitrogen dynamics of various green manure species and the relationship to lowland rice production. **Agronomy Journal**, v.90, p.149-154. 1998.

COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L.; THOMAS, R.J. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, v.40, n.2, p.331-342, 2002a.

COBO, J.G.; BARRIOS, E.; KASS, D.C.L.; THOMAS, R. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. **Biology and Fertility of Soils**, v.36, n.2, p.87-92, 2002b.

COPLEN, T.B. Uses of environmental isotopes. In: Alley, W.M. (coord.) **Regional Ground-Water Quality**. John Wiley and Sons, p. 227-254. 1993.

CORTEZ, G.E.P. **Cultivo de alface em hidroponia associado à criação de peixes**. 75f. 1999. Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

COSTA, M.B. da C.; CALEGARI, A.; MORDARDO, A.; BULISANI, E.A.; WILDNER, L. do P.; ALCÂNTARA, P.B. da; MIYASAKA, S.; AMADO, T.J.C. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346p.

COSTA C.C.; CECÍLIO FILHO A.B.; GRANGEIRO L.C. Produtividade de cultivares de alface em função da época de estabelecimento do consórcio com rúcula, no outono-inverno de Jaboticabal-SP. **Horticultura Brasileira**, v.21, n.2, Suplemento 2. CD-ROM.

COSTA C.C.; CECÍLIO FILHO A.B.; REZENDE B.L.A.; BARBOSA J.C.; GRANGEIRO L.C. Viabilidade agrônômica do consórcio de alface e rúcula, em duas épocas de cultivo. **Horticultura brasileira** v. 25, n.1, p.034-040. 2007.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1992. 80p. (Circular IAPAR, 73).

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; RESENDE, A.S.; URQUIAGA, S.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; FRANCO, A.A. Transferência do N fixado por leguminosas arbóreas para o capim Survenola crescido em consorcio. **Ciência Rural**, v.37, n.2, p.352-356, 2007.

DIEKOW, J.; MIELNICZUK, J.; KNICKER, H.; BAYER, C.; DICK, D.P.; KÖGEL-KNABNER, I. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilisation in a southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil and Tillage Research**, v. 81, n.1, p.87-95, 2005.

D'UTRA, G.R.P. **Adubos verdes: sua produção e modo de emprego**. São Paulo, 1919. 77 p.

EPSTEIN, E.; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas**. Londrina: Planta, 2006. 403 p.

FAGERIA, N.K. Green manuring in crop production. **Journal of plant nutrition**, v.30, n.5, p.691-719, 2007.

FAGERIA, N.K.; BALIGAR, V.C. Role of cover crops in improving soil and row crop productivity. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.36, p.2733-2757, 2005.

FANCELLI, A.L. Seringueira consorciada a culturas anuais e perenes. In: SIMPÓSIO DA CULTURA DA SERINGUEIRA, 2, 1987, Piracicaba, **Anais**, Campinas, p. 205-222, 1990.

FERNANDES, C.; MURAOKA, T. Absorção de fósforo por híbridos de milho cultivados em solo de cerrado **Scientia Agricola**, v.59, n.4, p.781-787, 2002.

FONTANÉTTI, A., CARVALHO, G.J. de; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K. de; MORAES, S.R.G. de; TEIXEIRA, C.M. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**. v.24, n.2, p.146-150, 2006.

FOWLER, C.J.E.; CONDRON, L.M.; McLENAGHEN, R.D. Effects of green manures on nitrogen loss and availability in na organic cropping system. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v.47, n.1, p.95-100. 2004.

FRAGSTEIN, P.von. Manuring, manuring strategies, catch crops and N-fixation. Nitrogen Leaching. In: STOPES, L.; KOLSTER, C.; GRANSTEDT, P.; HODGES, D.A. (Org.).- **Ecological Agriculture. Proceedings of an International Workshop**,

Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen, Denmark, p. 275-287.1995.

FRANCESCHI, V.R.; GRIMES, H.D. Induction of soybean vegetative storage proteins and anthocyanins by low-level atmospheric methyl jasmonate. **Proceedings of the National Academy of Science of USA**, Washington, v. 88, p. 6745–6749, 1991.

FREIRE FILHO, F. R.; RIBEIRO, V. Q.; SANTOS, A. A. dos. Cultivares de caupi para a região Meio-Norte do Brasil. In: CARDOSO, M. J. (Org.). **A cultura do feijão-caupi no Meio-Norte do Brasil**. Teresina: Embrapa Meio-Norte, 2000. 264p. (Embrapa Meio-Norte. Circular Técnica, 28).

FURLANI, A.M.C.; FURLANI, P.R.; BATAGLIA, O.C.; HIROCE, R.; GALLO, J.R. Composição mineral de diversas hortaliças. **Bragantia**, v.37, n.5, p. 33-44. 1978.

GERZABEK, M.H.; HABERHAUER, G.; KIRCHMANN H. Soil organic matter pools and carbon-13 natural abundances in particle-size fractions of a long-term agricultural field experiment receiving organic amendments. **Soil Science Society of America Journal**, v.65, p.352-358, 2001.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E.R.O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R.S.; FRIES, M.R. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v.27, n.2, p. 325-334, 2003.

GILLER, K.E.; WILSON, K.F. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems** New York: CABI Publishing, 2ed. 2001, 480 p.

GOUVEIA, R.F. de; ALMEIDA, D.L. Avaliação das características agrônômicas de sete adubos verdes de inverno no município de Paty do Alferes (RJ). **Comunicado Técnico** n.20, 1997. 7p.

GRANGEIRO L.C; COSTA K.R; MEDEIROS MA; SALVIANO, A.M; NEGREIROS M.Z; BEZERRA NETO F; OLIVEIRA, S.L. Acúmulo de nutrientes por três cultivares de alface cultivadas em condições do Semi-Árido. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.2, p.190-194. 2006.

HOCKING, P.J.; KEERTHISINGHE, G.; SMITH, F.W.; RANDALL, P.J. Comparison of the ability of different crop species to access poorly-available soil phosphorus. In: ANDO, T.; FUGITA, K.; MAE, T.; MATSUMOTO, H.; MORI, S.; SEKIYA, J. (Org.) **Plant nutrition** - for sustainable food production and environment. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, p.305-308.1997.

IEA – Instituto de Economia Agrícola. Disponível em http://ciagri.iea.sp.gov.br/subjetiva.aspx?cod_sis=1. Acesso em 30 de outubro de 2007.

JONES JÚNIOR., J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro Macro Publ., 1991. 213p.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de alface, chicória e almeirão. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M. C.P. **Nutrição e adubação de hortaliças**. Piracicaba: POTAFOS, p. 141-148, 1993.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecologica, 2001. 348 p.

KENDRICK, R.E; KRONENBERG, G.H.M. (Ed). **Photomorphogenesis in Plants**. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1994. p.828.

KENDRICK, R.E.; KERCKHOFFS, L.H.; VAN TUINEN, A.; KOORNEEF, M. Photomorphogenic mutants of tomato. **Plant, Cell Environment**, v.20, n.6, p. 746-751, 1997.

KIEHL, E.J. Consorciação com leguminosas: I. Nova disposição das linhas de plantas suportes. In. CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO. 7, **Anais**, Piracicaba, 1959.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes. 1928. wall-map

KROL, M.; GRAY, G.R.; HURRY, V.M.; ÖQUIST, L.; MALEK, L.; HUNER, N.P.A. Low temperature stress and photoperiod effect. **Canadian Journal of Botany**, v.73, n.8, p.1119–1127, 1995.

MacRAE, R.J.; MEHUYS, G.R. The effect of green manuring on the physical properties of temperate area soils. **Advances in Soil Science**, v.3, p.71-94, 1985.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFÓS, 2 ed. 1997, 319p.

MASCARENHAS, H.A.A.; BUSILANI, E.A.; BRAGA, N.R. Rotação de culturas. In: **Simpósio sobre sistemas de produção agrícola: região Centro-Sul do Brasil**, 1984. Campinas: Fundação Cargill, p. 87-112, 1984.

MAY, A.; GONÇALVES, P.de S.; BRIOSCHI, A.P. Consorciação de seringueira com culturas de importância econômica, **O Agrônomo**, v.51, n.1, p.16-23. 1999.

MELLO, F.A.F. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Efeitos da incorporação de resíduos de mucuna-preta, *Crotalaria juncea* L. e feijão baiano. I. Influência sobre a produção de arroz. **Revista de Agricultura**, v.35, n.1, p.33-40, 1960.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, n.3, p.173-180, 2004.

MENEZES JÚNIOR, F.O.G.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S. Crescimento e avaliação nutricional da alface cultivada em "NFT" com soluções nutritivas de origem química e orgânica. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.3, p.632-637, 2004.

MIYASAKA, S.; OKAMOTO, H. Matéria orgânica. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. e MASCARENHAS, H.A.A. (Coord.) **I Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo p.1-12, 1993. (Documento IAC, 35)

MIYASAKA, S.; CAMARGO, O.A. de; CAVALIERI, P.A.; GODOY, I.J. de; WERNER, J.C.; CURI, S.M.; LOMBARDI NETO, F.; MEDINA, J.C.; CERVELINI, G. da S.; e BULISANI, E.A. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 138 p.

MONTEZANO, E.M.; PEIL, R.M.N. Sistemas de consórcio na produção de hortaliças. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.12, n.2, p.129-132, 2006.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras, Editora UFLA, 2ª Edição Atual e ampliada. 2006. 729p.

MOREIRA, M.A.; FONTES, P.C.R.; CAMARGOS, M.I. de. Interação zinco e fósforo em solução nutritiva influenciando o crescimento e a produtividade da alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n.6, p. 903-909, 2001.

MULLER, A.G. **Comportamento térmico do solo e do ar em alface em diferentes tipos de cobertura do solo**. 77f. 1991, Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NAKAGAWA, J.; ROSOLEM, C.A. Teores de nutrientes na folha bandeira e nos grãos de aveia-preta. **Bragantia**, v.64, n.3, p.441-445, 2005.

NEGRINI, A.C.A. **Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes**. , 113p. 2007. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

NG, C.K.Y.; MCAINSH, M.R.; GRAY, J.E.; HUNT, L.; LECKIE, C.E.; MILLS, L.; HETHERINGTON, A.M. Calcium-based signalling systems in guard cells. **New Phytologist** v.151, n.1, p. 109-120. 2001

NGOUAJIO, M.; McGIFFEN JR., M.E.; HUTCHINSON, C.M. Effect of cover crop and management system on weed populations in lettuce. **Crop Protection**, v.22, n.1, p. 57-64. 2003.

NOGUEIRA, T.A.R.; SAMPAIO, R.A.; FONSECA, I.M.; FERREIRA, C.S.; SANTOS, S.E.; FERREIRA, L.C.; GOMES, E.; FERNANDES, L.A. Metais pesados e patógenos em milho e feijão-caupi consorciados, adubados com lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.11, n.3, p.331-338, 2007.

NGULUU, S.N.; PROBERT, M.E.; MCCOWN, R.L.; MYERS, R.J.K.; WARING A.S. Isotopic discrimination associated with symbiotic nitrogen fixation in stylo (*Stylosanthes hamata* L) and cowpea (*Vigna unguiculata* L). **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.62, n.1, p.10-13, 2002.

OFORI, F.; PATE, J.S.; STERN, W.R. Evaluation of N₂-fixation and nitrogen economy of a maize/cowpea intercrop system using ¹⁵N dilution methods. **Plant and Soil**. v.102, n.2, p.149-160, 1987.

OKITO, A.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Nitrogen fixation by groundnut and velvet bean and residual benefit to a subsequent maize crop. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v.39, n.12, p.1183-1190, 2004.

OLIVEIRA, F.L.; RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; PADOVAN, M.P.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R.L.D. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.2, p.184-188, 2005.

PANDURO, A.M.R. **Análise do comportamento da alface, *Lactuca sativa* L., sob diferentes condições de iluminamento**. 129p. 1986. Dissertação (Mestrado), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PAULA, P.D. de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R de L.D.; CÉSAR, M.N.Z.; GUEDES, R.E.; POLIDORO, J.C. **Rendimento agrônômico do consórcio entre cebola e alface em sistema orgânico de produção**. 1 v. Seropédica: Embrapa, 2005. 4p. (Comunicado técnico, 74).

PEREIRA, A.V.; PEREIRA, E.B.C; FIALHO, J de F.; JUNQUEIRA, N.T.V.; MACEDO, R.L.G; GUIMARÃES, R.J. **Sistemas agroflorestais de seringueira com caféiro**. Plantaltina: EMBRAPA, 1998. 80p. (nº 70).

PERIN, A.; SANTOS, R.H.S.; URQUIAGA, S.; GUERRA, J.G.M. & CECON, P.R. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39, n.1, p. 35-40, 2004.

PESSANHA, G.G. Leguminosas de grão. In. ASSIS, R.L. de; SOUTO, S.M.; DUQUE, F.F.; ALMEIDA, D.L. de; MUELLER, K.E.K. **II Curso sobre a Biologia do Solo na Agricultura**. Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, 1992. 41p. (EMBRAPA-CNPBS. Documentos,8).

PIMENTEL, C. **Metabolismo de carbono na agricultura tropical**. Seropédica: Edur, 1998. 150p.

PLEBAN, S., F. INGEL & I. CHET. Control of *Rhizoctonia solani* and *Sclerotium rolfsii* in the greenhouse using endophytic *Bacillus* sp. **European Journal of Plant Pathology**. v.101, n.6, p.665-672. 1995.

PORTAS, A.A.; VECHI, V.A. Aveia-preta boa para agricultura; boa para pecuária. Campinas: Coordenadoria de Assistência Técnica Integral, 2006. (n.55) Disponível em: <<http://www.cati.sp.gov.br/novacati/tecnologias/catiresponde/catiresp.html>>. Acesso em: 27 nov. de 2007.

PÔRTO, M.L. **Produção, estado nutricional e acúmulo de nitrato em plantas de alface submetidas à adubação nitrogenada e orgânica**. 80f. 2006. Dissertação (Mestrado), Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, Areias.

PYPERS, P.; VERSTRAETE, S.; THI, C. P.; MERCKX, R. Changes in mineral nitrogen, phosphorus availability and salt-extractable aluminium following the application of green manure residues in two weathered soils of South Vietnam **Soil Biology and Biochemistry**, v.37, n.1, p.163-172, 2005.

QUEIROGA, R.C.F.; NOGUEIRA, I.C.C.; BEZERRA NETO, F.; MOURA, A.R.B.; PEDROSA, J.F. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. **Horticultura Brasileira**, v.20, n.3, p.416-418, 2002.

RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**, Campinas: Instituto Agrônomo, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100)

REINING, E. Assessment tool for biological nitrogen fixation of *Vicia faba* cultivated as spring main crop. **European Journal Agronomy**. v.23, n.4, p. 392–400 , 2005.

REZENDE, B.L.A.; CECÍLIO FILHO, A.B.; FELTRIM, A.L.; COSTA, C.C.; BARBOSA, J.C. Viabilidade da consorciação de pimentão com repolho, rúcula, alface e rabanete. **Horticultura Brasileira**, v.24, n.1, p.36-41. 2006.

RIBAS, G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; OLIVEIRA, F.L.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; ALVES, B.J.R.; RIBEIRO, R. de L.D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalária júncea* sob manejo orgânico. **Agronomia**, v.37, n.2, p.80-84, 2003.

ROHRING, M.; STULZEL, H. A model for light competition between vegetable crops and weed. **European Journal of Agronomy**, v.14, n.1, p.13-29, 2001.

ROSO, C.; RESTLE, J. Aveia-preta, triticale e centeio em mistura com azevém. II. Produtividade animal e retorno econômico. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.1, p. 85-93, 2000.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. 'PiraRoxa': cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira**, v.23, n.1, p.158-159, 2005.

SALGADO, A.S.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; RIBEIRO, R.L.D.; ESPINDOLA, J.A.A.; SALGADO, J.A.A. Consórcio alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p.1141-1147, 2006.

SALOMÉ, J.R.; SAKAI, R.H.; AMBROSANO, E.J.; BUENO, J.P. Viabilidade econômica da rotação de adubos verdes com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.116-119. 2007.

SANCHEZ, S.V. **Avaliação de cultivares de alface crespa produzidas em hidroponia tipo NFT em dois ambientes protegidos em Ribeirão Preto (SP)**. 63f. 2007, Dissertação (Mestrado), Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal.

SANCHEZ, C.A.; SNYDER, G.H.; BBURDINE, H.W. DRIS evaluation of nutritional status of crisphead lettuce. **Hortscience**, v.26, n.3, p. 274-276, 1991.

SANTOS, R.H.S.; GLIESSMAN, S.R.; CECON, P.R. Crop interactions in broccoli intercropping. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.20, n.1, p. 51-75, 2002.

SCHADER, C.; ZALLER, J.G.; KÖPKE, U. Cotton-Basil intercropping: effects on pests, yields and economical parameters in na organic field in Fayoum, Egypt. **Biological Agriculture and Horticulture**, v.23, n.1, p.59-72, 2005.

SCHOROEDER, J.I.; ALLEN, G.J.; HUGOUVIEUX, V.; KWAK, J.M.; WARNER, D. Guard cell signal transduction. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, v.52, p.627-658. 2001.

SHARMA, R.D.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DA SOJA, 2., 1981. Brasília, **Anais**. Londrina, EMBRAPA-CNPSO, v.2, p.226-240, 1982. (Documentos, 1)

SHEARER, G.; KOHL, D.H. N₂-fixation in field settings: estimations base don natural ¹⁵N abundance. **Australian Journal Plant Physiology**, v.13, p.699-756. 1986.

SILVA, E.C. da; MURAOKA, T.; BUZETTI, S.; GUIMARÃES, G.L.; TRIVELIN, P.C.O.; VELOSO, M.E. da C. Utilização do nitrogênio (¹⁵N) residual de coberturas de solo e da uréia pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.6, p.965-974 2006.

SILVA, V.N. da; SILVA, L.E.de S.F. da; FIGUEIREDO, M. do V.B. Co-inoculação de sementes de caupi com *Bradyrhizobium* e *Paenibacillus* e a sua eficiência na absorção de cálcio, ferro e fósforo pela planta. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.36, n.2, p.95-99. 2006.

SORENSEN, J.N.; THORUP-KRISTENSEN, K. Undersowing legume crops for green manuring of lettuce. **Biological Agriculture and Horticulture**. v.21, n.4, p. 399-414. 2003.

STEELE, W.M.; ALLEN, D.J.; SUMMERFIELD, R.J. Cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: **Grain legume crops**. SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS,E.H. (ed.). London: Collins Professional and Technical Books, 1985. 859 p.

STEYN, W.J.; WAND, S.J.E.; HOLCROFT, D.M.; JACOBS, G. Anthocyanins in vegetative tissues: a proposed unified function in photoprotection. **New Phytologist**, v. 155, n.3 , p349–361, 2002.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: ARTMED, 3 ed. 2004. 719p.

TERRA, S.B.; MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S.; DUARTE, G.B. Exportação de macronutrientes em alface cultivada no outono-inverno e na primavera com adubação orgânica em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.19, supl., 2001. CD-ROM.

TOLENTINO JUNIOR, C.F.; ZÁRATE N.A.H.; VIEIRA, M.C. Produção de mandioquinha-salsa consorciada com alface e beterraba. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.24, n.5, p.1447-1454, 2002.

TRANI, P.E. Hortaliças folhosas e condimentares In. FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P. da; RAIJ, B. van; ABREU, C.A. de. (Ed.) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.493-510.

TRANI, P.E.; RAIJ, B. van. Hortaliças In. RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. p.156-185. (Boletim técnico 100).

VANDERMEER, J.H. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237p.

VERDADE, S.B.; BOLONHEZI, D.; FURLANI, P.R.; OLIVEIRA, M.V. Estimativa de consumo de água e extração de nutrientes em cultivares de alface no sistema hidropônico NFT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29, **Anais**, Ribeirão Preto, 2003. CD-ROM.

VIEIRA-VARGAS M.S.; OLIVEIRA O.C.; SOUTO C.M.; CADISCH G.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Use of different ¹⁵N labeling techniques to quantify the contribution of biological N₂ fixation to legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, v.27, n.9, p.1185-1192, 1995.

VIEIRA, M.C. do; ZARATE, N.A.H.; GOMES, H.E. Produção e renda de mandioquinha-salsa e alface, solteiras e consorciadas, com adubação nitrogenada e cama-de-frangos em cobertura. **Acta Scientiarum: Agronomy**, v.25, n.1, p.201-208, 2003.

VILLAS BÔAS, R.L.; PASSOS, J.C.; FERNANDES, M.; BÜLL, L.T.; CEZAR, V.R.S.; GOTO, R. Efeito de doses e tipos de compostos orgânicos na produção de alface em dois solos sob ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v.22, n.1, p.28-34, 2004.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n.11, p.1035-1039, 1997.

WIVSTAD, M. Nitrogen mineralization and crop uptake of N from decomposing ¹⁵N labeled red cover and yellow sweetclover plant fractions of different age. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.208, n.1, p.21-31. 1999.

WUTKE, E.B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. e MASCARENHAS, H.A.A. (Coord.). **I Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo**. Campinas: Instituto Agrônomo 1993. p.17-29. (Documentos IAC, 35).

WUTKE, E.B.; MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; TANAKA, R.T.; MIRANDA, M.A.C. de; POMPEU, A.S.; AMBROSANO, E.J. Pesquisas sobre leguminosas no Instituto Agrônomo e suas contribuições para o desenvolvimento agrícola paulista. **O Agrônomo**, v.53, n.1, p. 29-32, 2001.

YONEIAMA, T.; OHTANI, T. Variations of natural ¹³C abundances in leguminous plants. **Plant and Cell Physiology**, v.24, n.6, p.971-977, 1983.

ZONTA, E.P.; MACHADO, A.A. SANEST – **Sistema de análise estatística para microcomputadores - Sanest**. Ilha Solteira: UNESP, 1984. 109p.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)