

**BENEFÍCIOS DA CROTALÁRIA NA NUTRIÇÃO E CRESCIMENTO DE
MANGUEIRA, GRAVIOLEIRA E NEEM E NAS ALTERAÇÕES DE
CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

KELLY RIBEIRO LAMÔNICA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO – UENF**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
JULHO - 2008**

**BENEFÍCIOS DA CROTALÁRIA NA NUTRIÇÃO E CRESCIMENTO DE
MANGUEIRA, GRAVIOLEIRA E NEEM E NAS ALTERAÇÕES DE
CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS**

KELLY RIBEIRO LAMÔNICA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Produção Vegetal”

Orientadora: Prof^a. Deborah Guerra Barroso

**CAMPOS DOS GOYTACAZES - RJ
JULHO – 2008**

BENEFÍCIOS DA CROTALÁRIA NA NUTRIÇÃO E CRESCIMENTO DE
MANGUEIRA, GRAVIOLEIRA E NEEM E NAS ALTERAÇÕES DE
CARACTERÍSTICAS DO SOLO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS

KELLY RIBEIRO LAMÔNICA

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Produção Vegetal”

Aprovada em: 11 de julho de 2008

Comissão Examinadora:

Prof. Fábio Cunha Coelho (Dr. Fitotecnia) - UENF

Prof. José Geraldo de Araújo Carneiro (PhD. Silvicultura)

Prof^a. Luciana Aparecida Rodrigues (Dra. Produção Vegetal) - ISTCA

Prof^a. Deborah Guerra Barroso (Dra. Produção Vegetal) - UENF
(Orientadora)

A Deus;
À minha família e amigos, pelo incentivo e ajuda.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus que permitiu a realização deste trabalho;

Aos meus pais Antônio Carlos e Vânia Maria, aos meus irmãos Fabiano, Ana Paula e Raphael, ao meu sobrinho Yan, à minha madrinha Lenilda e a toda minha família, pelo incentivo e ajuda;

A UENF pela oportunidade de realização do curso e pela concessão da bolsa e a FAPERJ pela aprovação do projeto que permitiu a realização do trabalho;

A RESPA (Indústria e comércio LTDA) por ceder o pomar para a realização dos experimentos e pela colaboração na condução do experimento;

À professora Deborah pela paciência, confiança, orientação e amizade;

Ao professor José Geraldo, pelo apoio e amizade;

Aos professores Fábio, Gilmar e Luciana, pelas sugestões que contribuíram na realização deste trabalho;

Ao professor Monnerat e ao técnico Acácio, pelo auxílio e paciência nas análises químicas;

Aos professores;

Aos meus colegas e amigos do laboratório de Fitotecnia: Armando, Dani, Detony, Fábio, Geisa, Isa, Jô, Marcela, Marcelo, Míriam, Patrícia, Renata, Silvio, Tátilla, Tiago (s), Teresa e Vanerson. Em especial agradeço Ernando e Tiago Ribeiro, pela amizade e ajuda constante nos trabalhos, e a Gleicia, uma grande amiga, que

durante estes dois anos dividiu os trabalhos comigo, sempre com muita determinação;

Aos meus amigos Cíntia, Karine, Marcos Vinícius e Rozana, entre outros pela amizade e ajuda;

A todos aqueles que contribuíram de alguma maneira para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. OBJETIVOS	03
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
3.1. Sistemas agroflorestais.....	04
3.2. <i>Azadirachta indica</i> A. Juss (neem).....	07
3.3. <i>Mangifera indica</i> L. (mangueira).....	09
3.4. <i>Annona muricata</i> L. (gravioleira).....	11
3.5. Adubação verde.....	12
3.6. <i>Crotalaria juncea</i> (crotalária).....	14
3.7. Atividade microbiana.....	16
4. Material e Métodos.....	20
4.1. Descrição da área.....	20
4.2. Condução do experimento.....	22
4.3. Avaliações.....	25
4.3.1. Quantificação, avaliação da decomposição e qualidade nutricional da fitomassa produzida pela parte aérea da crotalária.....	25
4.3.2. Determinação da atividade enzimática microbiana do solo.....	27
4.3.3. Análises químicas e físicas do solo.....	29
4.3.4. Avaliação do crescimento e estado nutricional das frutíferas e do neem.....	30
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5.1. Quantificação e qualidade nutricional da fitomassa da parte aérea da crotalária.....	32
5.2. Decomposição e liberação de nutrientes da fitomassa da crotalária.....	37
5.3. Avaliação da atividade enzimática microbiana do solo.....	42

5.3.1. Atividade enzimática sob a copa das frutíferas durante a decomposição da fitomassa da parte aérea da crotalária.....	42
5.3.2. Atividade enzimática sob a copa do neem	44
5.4. Análises químicas e físicas do solo.....	46
5.5.Crescimento e estado nutricional das frutíferas e do neem.....	53
5.5.1.Crescimento e estado nutricional das mangueiras.....	53
5.5.2.Crescimento e estado nutricional das gravioleiras.....	56
5.5.3.Crescimento e estado nutricional do neem.....	58
6. RESUMO E CONCLUSÕES.....	62
7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....	65

RESUMO

LAMÔNICA, Kelly Ribeiro. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Julho de 2008. Benefícios da crotalária na nutrição e crescimento de mangueira, gravioleira e neem e nas alterações de características do solo em sistemas agroflorestais. Orientadora: Deborah Guerra Barroso. Co-orientador: José Geraldo de Araújo Carneiro.

O objetivo deste trabalho foi avaliar sistemas agroflorestais com mangueira, gravioleira, crotalária e neem, quanto ao benefício para estas culturas de interesse econômico e às alterações nas características do solo. Em um pomar misto de mangueira e gravioleira foram implantados quatro sistemas de produção: mangueira e gravioleiras (testemunha - F); mangueira, gravioleira e neem (FN); mangueira, gravioleira, neem e crotalária (FNC); mangueira, gravioleira e crotalária (FC). Para as avaliações, cada sistema foi dividido em nove subáreas, sendo seis selecionadas, ao acaso, para a realização das amostragens. O neem foi plantado um ano após as frutíferas e a crotalária semeada dois anos após a implantação do pomar. A crotalária foi submetida a dois cortes (74 e 128 dias). A fitomassa produzida foi dividida e adicionada sob a copa das frutíferas no sistema FC e sob a copa das frutíferas e do neem no sistema FNC. Para quantificação da fitomassa, foram coletados, em ambos os cortes, três amostras de 1 m² por subárea selecionada. Foi determinada a taxa de decomposição da crotalária em "litterbags" (0, 3, 6, 10, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o corte). Nas mesmas épocas foram realizadas análises

para determinação dos teores de N, P, K, Ca, Mg, S e C. Teores de lignina e celulose foram determinados no dia do corte e aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o corte. Foi determinada a atividade enzimática microbiana sob a copa das frutíferas nos sistemas F e FC (0, 10, 20, 40, 80, 100 e 120 dias após o corte da crotalária). Na estação de seca e chuvosa foi determinada a atividade enzimática microbiana sob a copa do neem nos sistemas FN e FNC. Foram feitas determinações de pH, N, P, K, Ca, Mg, H+Al e C orgânico do solo, antes e depois dos cortes da crotalária. Em 2007, determinaram-se a densidade do solo, porosidade total, micro e macroporosidade (0-5 e 5-10 cm) dos diferentes sistemas. As frutíferas e o neem foram monitorados quanto à altura (H) e ao diâmetro à altura do solo (DAS). A avaliação do estado nutricional das frutíferas e do neem foi realizada dos 45 e 33 meses após o plantio, respectivamente. A produção de fitomassa e teores de nutrientes da crotalária foram elevados nos sistemas, com maior quantidade de nutrientes depositados no sistema FC. A decomposição da fitomassa da crotalária e a liberação de nutrientes foram rápidas. Não houve efeito da crotalária sobre a atividade enzimática microbiana do solo durante o período de decomposição sob a copa das frutíferas. Houve aumento da atividade enzimática microbiana do solo sob a copa do neem na estação chuvosa, com relação à estação seca. Entretanto, só houve diferença entre os sistemas na estação de seca, com maior atividade no sistema FNC. A adubação verde com a crotalária aumentou o K e reduziu o H+Al do solo, colaborou na manutenção dos níveis de Ca e Mg no sistema FC e aumentou os valores de soma de base na camada de 0-5 cm do solo. As características físicas do solo não foram alteradas pelos diferentes sistemas de produção. O sistema FC resultou em maior crescimento de DAS das mangueiras em relação à testemunha. A adubação verde resultou em maiores teores foliares de N nas mangueiras. O crescimento do neem foi beneficiado pela presença da crotalária.

Palavras chaves: *Azadirachta indica* A. Juss, *Mangifera indica* L., *Annona muricata* L., *Crotalaria juncea*, adubação verde

ABSTRACT

LAMÔNICA, Kelly Ribeiro. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. July 2008. Agroforest systems with mango, soursup, crotalaria and neem. Professor Advisor: Deborah Guerra Barroso. Co-advisor: José Geraldo de Araújo Carneiro.

The objective of this work was to evaluate agroforest systems constituted by mango, soursup, crotalaria and neem, regarding for there benefit for the economical cultures and changes in the characteristics of the soil. In a mango and soursup mixed orchard, four mixed production systems were implanted: mango and soursup (control - F); mango, soursup and neem (FN); mango, soursup, neem and crotalaria (FNC); mango, soursup and crotalaria (FC). Each system was divided in nine plots, six of them were to take samplings selected at random. The neem was planted one year after the fruit trees and the crotalaria was sowed two years after the orchard implantation. The crotalaria was submitted to two cuts (74 and 128 days). The biomass produced was divided and added under the canopy of the fruit trees in the FC system and under the canopy of the FC and neem in the FNC system. Three samples of 1 m² in the selected plots, were collected, in both cuts, for the biomass quantification. The decomposition rate of the crotalaria was determined in litterbags (0, 3, 6, 10, 15, 30, 60, 90, 120 and 150 days after the cut). At the same times the N, P, K, Ca, Mg, S and C content were determined. The lignin and cellulose content

were determined in the day and at 30, 60, 90, 120 and 150 days after the cut. The microbial enzymatic activity under the canopy of the tree fruits was determined in the systems F and FC (0, 10, 20, 40, 80, 100 and 120 days after the cut of the crotalaria). In the drought and rainy season was determined the microbial enzymatic activity under the canopy of the neem in the FN and FNC systems. Determinations of pH, N, P, K, Ca, Mg, H+Al and organic C of the soil, were carried out before and after the cuts of the crotalaria. In 2007 there the soil density, porosity, micro and macroporosity (0-5 and 5-10 cm) of the different systems were determined. The tree fruits and the neem were monitored regarding height (H) and diameter at the soil level (DAC). The nutritional status of the tree fruits and neem was evaluated 45 and 33 months after the planting, respectively. The biomass production and nutrients content of the crotalaria were high in the systems, with larger nutrients amount deposited in the system FC. The biomass decomposition of the crotalaria and the nutrients liberation were fast. There was not effect of the crotalaria on the microbial enzymatic activity of the soil during the decomposition period under the canopy of the tree fruits. Increase of the microbial enzymatic activity of the soil under the canopy of the neem was observed in the rainy station, compared to the dry season. However there was only difference among the systems in the dry season, with higher activity in the FNC system. The green manure with crotalaria increased the K and reduced H+Al of the soil, sustaining the Ca and Mg levels in the FC system and increased the base sum values at the 0-5 cm depth layer of the soil. Four production systems did not show difference in the physical characteristics of the soil. The FC system resulted in higher growth of DAS of the mango in relation to the control. The green manure resulted in higher leaf content of N in the mango. The growth of the neem was stimulated by the crotalaria.

Key words: *Azadirachta indica* A. Juss, *Mangifera indica* L., *Annona muricata* L., *Crotalaria juncea*, green manure

1. INTRODUÇÃO

O município de Campos dos Goytacazes-RJ tem sua atividade agrícola baseada no monocultivo de cana-de-açúcar e na pecuária bovina, onde os solos foram, ou são, intensamente explorados. A fruticultura vem destacando-se na região como atividade agrícola bastante promissora, capaz de aumentar a renda do produtor rural. Entretanto, o monocultivo de frutíferas pode acarretar maior exposição do solo, com diminuição de sua fertilidade, pela redução da matéria orgânica e aumento da lixiviação dos nutrientes, o que exige uma constante reposição com adubos químicos, para a manutenção da produção e da fertilidade do solo.

A fruticultura orgânica constitui uma alternativa promissora, onde o manejo menos impactante sobre o solo pode resultar em um sistema sustentável e economicamente mais viável. Entretanto, neste sistema é necessária a utilização de técnicas adequadas para manter a produtividade, tais como rotação de culturas, adubação verde, compostagem, entre outros.

O manejo orgânico do suprimento de nutrientes para a planta é, notoriamente, mais complexo que o fornecimento de nutrientes por meio de fertilizantes sintéticos. Faz-se necessária à compreensão dos fatores que determinam a decomposição dos materiais orgânicos e, conseqüentemente, se os nutrientes liberados são retidos ou perdidos no sistema e se a velocidade de

decomposição pode ser manipulada para melhorar a eficiência do manejo (Gomes et al., 2005).

Entre os benefícios trazidos pela adubação orgânica ao solo estão as melhorias nas suas propriedades químicas, por meio de fornecimento de nutrientes, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC), aumento na estabilidade de agregados e melhoria na estrutura do solo, que se traduz em melhor aeração, permeabilidade, retenção de água e resistência à erosão, aumentando a atividade biológica do solo.

Nos últimos anos, os sistemas agroflorestais (SAF's) têm sido bastante difundidos, atribuindo-se à combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e, ou, animais a melhoria nas propriedades físico-químicas dos solos, assim como a atividade de microrganismos, devido ao aumento da matéria orgânica do solo e à ciclagem de nutrientes. Estes sistemas podem ser, portanto, uma boa alternativa para utilizar recursos que podem aumentar a produtividade, com um nível maior de sustentabilidade na fruticultura.

Os SAF's com cultivo intercalar de adubos verdes têm possibilitado aumento da eficiência de utilização dos nutrientes no solo, uma vez que os sistemas radiculares de diferentes culturas disponibilizam nutrientes perdidos por lixiviação e/ou de pouca mobilidade no solo, tornando-os mais disponíveis à cultura de interesse. Além disso, as raízes das plantas utilizadas na adubação verde aumentam a aeração, a infiltração de água e a agregação do solo, diminuindo os riscos de erosão. No entanto, mais pesquisas devem ser realizadas, visando, principalmente, o desenvolvimento de sistemas de produção agroflorestais com frutíferas, buscando melhor compreensão das interações existentes entre os componentes, para viabilizar sua adoção entre os produtores.

Neste contexto, espera-se que o cultivo orgânico de frutíferas como *Mangifera indica* L. (mangueira) e *Annona muricata* L. (graviola), em sistema agroflorestal com a leguminosa *Crotalaria juncea* (crotalária) e a espécie florestal *Azadirachta indica* (neem), proporcione aumento na eficiência do sistema de produção, pelo fornecimento e ciclagem de nutrientes, aumento da diversidade do sistema e agregação de valor às frutas que, conduzidas organicamente, apresentam maior valor comercial.

2. OBJETIVOS

Avaliar sistemas agroflorestais em um pomar orgânico de mangueira e gravioleira, em fase de formação, consorciadas com neem e crotalária, com base nos seguintes parâmetros:

- a) Acúmulo de fitomassa, taxa de decomposição e qualidade nutricional da parte aérea da crotalária em dois sistemas de produção;
- b) Alterações na atividade enzimática do solo com a adição da fitomassa da parte aérea da crotalária na projeção da copa das frutíferas e no neem;
- c) Potencial dos diferentes sistemas de produção na melhoria das características químicas e físicas de solos de tabuleiro;
- d) Crescimento e o estado nutricional das frutíferas em quatro sistemas de produção, e do neem, em dois sistemas de produção.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Sistemas agroflorestais

São muitas as definições sobre sistemas agroflorestais (SAF's), dentre as quais: "Um sistema de manejo sustentado da terra que aumenta o seu rendimento, combinando a produção de plantas florestais com cultivos agrícolas e/ou animais, simultânea ou consecutivamente, de forma deliberada, na mesma unidade de terreno, envolvendo práticas de manejo em consonância com a população local" (Medrado, 2000).

Segundo Campello et al. (2006), os sistemas integrados de produção, tais como os sistemas agroflorestais, possibilitam a melhoria do ambiente e a promoção socioeconômica do setor, possibilitando a redução de custos de produção e a inserção de seus produtos em nichos de mercados altamente competitivos, que valorizam a qualidade dos serviços sócio-ambientais.

A sustentabilidade é uma característica inerente aos sistemas agroflorestais, pois estão alicerçados em princípios básicos que envolvem aspectos ecológicos, econômicos e sociais. Todo método ou sistemas de uso da terra somente será sustentável se for capaz de manter o seu potencial produtivo também para gerações futuras. Além disso, os SAF's para serem considerados sustentáveis devem ser

socialmente justos, economicamente viáveis e ecologicamente corretos (Siqueira et al., 2006).

Os sistemas agroflorestais podem ser utilizados na recuperação de áreas que foram degradadas pelas atividades agropecuárias, principalmente aquelas cujos fatores de produção são ineficientes para recomposição natural de seu potencial produtivo (Franco et al., 2002). Nas últimas décadas, sua utilização foi bastante difundida como alternativa para recuperação destas áreas, atribuindo-se à combinação de espécies arbóreas com culturas agrícolas e/ou animais a melhoria nas propriedades físico-químicas de solos degradados, bem como na atividade de microrganismos, considerando a possibilidade de um grande número de fontes de matéria orgânica (Mendonça et al., 2001).

A ciclagem de nutrientes constitui-se em uma das funções mais importantes para a regulação do funcionamento e do desenvolvimento dos ecossistemas. Contudo, a magnitude dos benefícios da ciclagem de nutrientes para a produção de cultivos agrícolas nos sistemas agroflorestais carece de metodologias de pesquisas apropriadas. Os sistemas agro florestais podem ser auto-suficientes em N, pelo uso de leguminosas; entretanto, para o P, especialmente no sistema de aléias, não são capazes de suprir quantidades suficientes para manter a produção dos cultivos. Além disso, há poucos dados experimentais sobre os demais nutrientes (Gama-Rodrigues, 2004).

Queiroz (2006) avaliou leguminosas como fontes de N para a cultura do milho em sistema de aléias, com e sem adubação de P, por dois ciclos de cultivo, constatando que para ter acréscimos de produtividade com leguminosas arbóreas, a cultura do milho requer adubação de fósforo. No primeiro ano, independente da aplicação de P, a maior produtividade de fitomassa seca da parte aérea foi obtida pelo guandu, produzindo 102% a mais de fitomassa seca que canafístula (segundo melhor tratamento), enquanto no experimento sem P, a diferença foi ainda maior, pois essa produtividade foi 221% maior que a canafístula. No segundo ano, na presença de P, a leucena e a canafístula assemelharam-se ao guandu na produtividade de fitomassa, indicando resposta à adubação com este nutriente.

Arato et al. (2003) quantificaram a produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal em Viçosa-MG, composto por espécies nativas e frutíferas, comparando a produção de serapilheira com resultados obtidos em florestas estacionais semidecíduais da região sudeste do Brasil. A área do sistema agroflorestal apresenta distribuição das espécies de forma irregular e a regeneração natural de espécies nativas foi mantida desde sua implantação, dez anos antes da avaliação. A produção de serapilheira foi estimada em $10,16 \text{ Mg ha}^{-1}$, valor este, segundo os autores, situado dentro da faixa de valores obtidos em florestas estacionais semidecíduais, inferindo que o sistema vem se comportando como uma floresta nativa em termos de dinâmica da serapilheira.

Nóbrega et al. (2002) avaliaram a biomassa vegetal depositada sobre o solo, oriunda da poda periódica das árvores, em um sistema agroflorestal com base na regeneração natural (SAFRA), composto por frutíferas e espécies florestais, implantado em janeiro de 2000, em um planossolo degradado em Seropédica, RJ. O sistema agroflorestal apresentava espaçamentos diferentes para as espécies utilizadas, buscando minimizar a competição entre as mesmas. Foram realizadas três podas durante o ano de 2001 e 2002, e em todas elas o material foi depositado sobre o solo, sendo que as duas primeiras foram efetuadas para uniformização e a terceira, cerca de 150 dias após a segunda foi utilizada para quantificação. As podas adicionaram grandes quantidades de biomassa e aumentaram a disponibilidade de nutrientes às culturas intercaladas. A análise dos nutrientes da biomassa vegetal depositada representa um aporte total de $247,74 \text{ kg ha}^{-1}$ de N, $17,42 \text{ kg ha}^{-1}$ de P, $105,92 \text{ kg ha}^{-1}$ de K, $170,02 \text{ kg ha}^{-1}$ de Ca e $34,83 \text{ kg ha}^{-1}$ de Mg. Segundo os autores, estes aportes de nutrientes são bem expressivos, principalmente no caso do N e K. Contudo, como o sistema possui elevada densidade de frutíferas, constatou-se a oferta insuficiente de nutrientes para algumas espécies, que apresentaram sintomas de deficiência, especialmente o abacaxi.

A utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais é viável desde que sejam manejadas corretamente. Essas espécies, desde que selecionadas adequadamente, considerando sua integração com os demais componentes do sistema, podem ser utilizadas em SAF's de subsistência e em SAF's comerciais. Na

subsistência, a diversificação é um imperativo, e no comercial devem ser priorizadas duas ou, no máximo, três espécies frutíferas para que se tenha escala de produção (Carvalho, 2006).

A definição de espécies frutíferas a serem utilizadas em SAF's deve ser considerada de forma abrangente, em função de diversos aspectos, dentre os quais merecem destaque: integração entre espécies, sustentabilidade econômica, impacto sobre a mão-de-obra, variedades, métodos de propagação, manejo, espaçamento, logística de transporte e finalidade da produção, ou seja, se para o consumo familiar ou para comercialização. Para os SAF's comerciais, é imprescindível que se considerem as perspectivas de mercado para as frutas que serão produzidas, sob pena de frustração futura (Carvalho, 2006).

3.2. *Azadirachta indica* A. Juss (neem)

O neem (*Azadirachta indica*) é uma árvore que pertence à família *Meliaceae*. É uma espécie de origem asiática, natural de Burma e das regiões áridas do subcontinente indiano, onde existem, aproximadamente, 18 milhões de árvores (Neves et al., 2003).

Seu plantio e uso têm se ampliado para outros locais, como Filipinas, República Dominicana, Nicarágua, Estados Unidos, Austrália e países da África (Martinez, 2002; Neves et al., 2003). Seu estudo no Brasil como inseticida foi iniciado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em 1986, quando se introduziu neem proveniente das Filipinas (Martinez, 2002).

O neem é uma espécie muito resistente e de crescimento rápido, que alcança, normalmente, de 10 a 15 m de altura e, dependendo do tipo de solo e das condições climáticas, pode atingir até 25 m. Não apresenta exigências edáficas, porém não tolera locais encharcados e salinos (Neves et al., 2003).

Quanto ao clima, é mais adaptada a climas tropicais e subtropicais, com precipitação pluvial anual entre 400 e 800 mm e faixa ideal de temperatura de 21 a 32 °C. É tolerante a altas temperaturas, inclusive acima de 44 °C, por curtos períodos, e resistente a longos períodos secos. Porém, não tolera geadas e, caso

ocorram temperaturas abaixo de 8 °C, o crescimento é interrompido (Neves et al., 2003).

Ao atingirem 50 cm, após três a cinco meses, as mudas estão prontas para serem transplantadas. O espaçamento recomendado para o neem depende do objetivo do plantio e das condições ambientais. No Brasil, recomenda-se de 5 a 8 m entre árvores (Martinez, 2002).

Segundo Neves et al. (2003), o neem é uma espécie que pode ser utilizada para diversas finalidades como no controle de insetos, nematóides, alguns fungos, bactérias e vírus, na medicina humana e animal, no reflorestamento, na indústria de cosméticos, no paisagismo, na adubação e a madeira, muito resistente, pode ser utilizada na indústria moveleira, na construção civil e para fins energéticos. Entretanto, somente extratos de folhas e óleos de sementes têm potencial no controle de pragas.

Extratos e óleos de plantas com potencial inseticida representam uma alternativa no controle de pragas, especialmente quando agroquímicos sintéticos não são permitidos, como em cultivos orgânicos (Mourão et al., 2004). Prates et al. (2003) avaliaram a atividade de extrato aquoso de folhas de neem sobre a lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) do milho, confirmando o potencial inseticida natural do neem no controle dessa praga.

Mourão et al. (2004) também estudaram o efeito de extratos de neem no controle do ácaro-vermelho-do-cafeeiro (*Oligonychus ilicis*), constatando que a taxa instantânea de crescimento populacional de *O. ilicis* diminuiu, linearmente, com o aumento da concentração dos extratos de óleos de torta, sementes e folhas de neem até 0,075, 15 e 144 mg mL⁻¹, respectivamente, a partir das quais as populações foram extintas. A toxicidade crônica ocorreu segundo o autor pela atividade acaricida da azadiractina e por outros compostos desses extratos, com efeitos irreversíveis e progressivos em processos fisiológicos essenciais para o desenvolvimento de *O. ilicis*.

A madeira do neem apresenta um poder calorífico de 4.088,5 (kcal kg⁻¹), rendimento em carvão de 38,20%, teor de cinzas de 2,11% e porcentagem de carbono fixo de 81,82%, o que revela a qualidade desta espécie como material energético. A densidade básica encontrada para a madeira pode ser relacionada à

idade do povoamento florestal utilizado. Assim, os povoamentos mais maduros produzirão madeiras mais densas e com melhores características para fins energéticos (Araújo et al., 2000).

O neem é uma espécie valiosa na Índia e na África e está se tornando popular na América Central. Por ser uma espécie robusta, é ideal para programas de reflorestamento e para recuperação de áreas degradadas, áridas e costeiras, sendo também utilizada como quebra-vento. Em áreas de poucas chuvas e ventos fortes, protege as culturas da dessecação (Neves et al., 2003).

3.3. *Mangifera indica* L. (mangueira)

O Brasil, segundo estimativas da FAO, vem se apresentando como um dos maiores produtores mundiais de frutas, participando com cerca de 7% da produção mundial, principalmente de mamão, manga, laranja, maracujá entre outras frutas (Cavalcante et al., 2006). Dentre os principais produtos da fruticultura brasileira encontra-se a manga, que é economicamente a mais importante fruta da família *Anacardiaceae* (Mendonça et al., 2006).

A produção de manga do Brasil teve um significativo crescimento nos últimos anos, principalmente nas áreas irrigadas. O maior rendimento por área, em relação aos cultivos tradicionais, e a expansão dos mercados externos e internos podem ser apontados como as principais causas desse crescimento (Silva e Lima, 2001; Carvalho et al., 2004; Fernandes, 2006). O Brasil produz manga de setembro a março, época de entressafra dos principais países produtores e exportadores, o que lhe confere vantagens comerciais, desfrutando de preços mais elevados, pela menor concorrência no mercado na época de sua produção, o que explica, em grande parte, o extraordinário desempenho das exportações brasileiras de manga (Almeida et al., 2001). A adoção de técnicas de pós-colheita tem sido de fundamental importância para adequar essa produção às exigências do mercado externo (Perosa e Pierre, 2002).

Existe mais de 150 cultivares de manga produzidas no mundo, sendo o gênero alimentício mais importante para os habitantes dos trópicos, depois da

banana (Mendonça et al., 2006). Os frutos da mangueira variam em seus tamanhos, formatos, cores e sabores, sendo consumidos *in natura* ou processados (Cunha e Neto, 2000b).

Devido à sua alta capacidade adaptativa, a mangueira pode ser cultivada sob condições tropicais e subtropicais (Cunha e Neto, 2000a). As áreas que mais se adaptam ao cultivo da mangueira são as que têm as estações secas e chuvosas bem definidas. O período de estiagem deve ocorrer antes do florescimento, a fim de permitir o repouso vegetativo da planta, e prolongar-se até a frutificação, para evitar danos causados pela antracnose e oídio (Cunha, 2000).

A mangueira é uma espécie rústica que vegeta e frutifica tanto em solos arenosos como argilosos, ligeiramente ácidos ou alcalinos (Cunha, 2000). No entanto, desenvolve-se melhor em solos profundos (>2m), bem drenados e sem problemas de salinidade (Magalhães e Borges, 2000). Segundo Cunha e Neto (2000c), o espaçamento pode variar de 10 x 10 m a 7,0 x 4,5 m.

A floração da mangueira é um fenômeno complexo que se estende por um período de 18 a 28 dias, embora a iniciação floral dure de 2 a 3 meses. O processo de florescimento pode ser adiantado ou atrasado por meios naturais ou artificiais e é, significativamente, influenciado pelas condições climáticas prevaletentes, pela produtividade da safra anterior e por práticas culturais, como o uso de fitorreguladores, poda, adubação nitrogenada, etc. (Cunha e Neto, 2000b).

Quanto à exportação média de nutrientes pelos frutos da mangueira (casca, polpa e semente), segundo Magalhães e Borges (2000), são exportados 1,23 kg de N; 0,15 Kg de P; 1,57 kg de K; 0,28 kg de Ca; 0,20 kg de Mg; 0,15 kg de S; 1,22 g de B; 3,53 g de Cu; 4,19 g de Fe; 2,71 g de Mn e 3,27 g de Zn por Kg de frutos.

Medeiros et al. (2005) determinaram a composição mineral dos frutos de mangueira, cv. Tommy Atkins, sob cultivo irrigado em três diferentes classes de solos no Rio Grande do Norte, observando entre os plantios variação na composição mineral que foram: 0,52 - 0,97 g kg⁻¹ de N; 0,14 - 0,30 g kg⁻¹ de P; 0,87 - 2,39 g kg⁻¹ de K; 0,56 - 3,09 g kg⁻¹ de Ca; 0,18 - 1,44 g kg⁻¹ de Mg; 5 - 13 mg kg⁻¹ de Zn; 22 - 33 mg kg⁻¹ de Cu; 130 - 316 mg kg⁻¹ de Fe e 6 - 21 mg kg⁻¹ de Mn. As diferenças nas

concentrações dos nutrientes entre os plantios foram atribuídas à fertilidade natural do solo e às variações na produção dos frutos, que oscilou entre 130 e 240 frutos por planta, com peso médio entre 377 - 496 g.

De acordo Ponciano et al. (2004), a cultura da manga apresenta viabilidade econômica no Norte e Noroeste Fluminense.

3.4. *Annona muricata* L. (gravioleira)

A gravioleira é uma frutífera da família Annonaceae, que apresenta ótimo potencial de comercialização no mercado interno e com grandes perspectivas para exportação. Espécie bastante difundida em países subtropicais e tropicais, encontra na região do nordeste brasileiro condições edafoclimáticas compatíveis com suas exigências nutricionais e fisiológicas (Pinto e Silva, 1994; Cavalcante et al., 2001), apresentando perspectivas de produção e mercado em quase todo território brasileiro (Cavalcante et al., 2001).

Apesar da expansão da área cultivada, o Brasil importa graviola de países como África do Sul e Venezuela (Nobre et al., 2003). Existe uma demanda crescente dos frutos, cujas qualidades organolépticas possibilitam a utilização, tanto para consumo “*in natura*” quanto para o aproveitamento pela agroindústria. A gravioleira também possui propriedades utilizadas na medicina e na culinária caseira, sendo aproveitada sob as mais diversas formas (Batista et al., 2003).

As pesquisas com gravioleira no Brasil são relativamente recentes e, portanto, poucos resultados práticos foram efetivamente alcançados (Kitamura e Lemos, 2004).

A propagação da gravioleira pode ser feita via semente ou via material vegetativo como, por exemplo, borbulhas ou garfos (Pinto e Silva, 1994). Um dos problemas da gravioleira é a germinação lenta, devido a um impedimento tegumentar e à própria fisiologia da semente (Santos Filho et al., 2006).

Em geral, as gravioleiras produzidas de sementes iniciam a floração no terceiro ou quarto ano do plantio, dependendo das condições climáticas da região. As plantas enxertadas são mais precoces e, na maioria das vezes, iniciam a floração antes mesmo de concluído seu primeiro ano de plantio (Pinto e Silva, 1994).

Ao estudar o estabelecimento de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares no campo, Samarão et al. (2006) constataram que os fungos micorrízicos promoveram maior crescimento, produção de matéria seca e conteúdo de P na parte aérea e raízes das mudas.

A baixa frutificação da gravioleira decorre de vários fatores, tais como a presença de pragas e doenças, que provocam a queda prematura das flores, o clima e os próprios tratos culturais. Estes fatores são também os responsáveis pela grande diversidade de produção mencionada na literatura (Pinto e Silva, 1994). No Brasil têm sido relatadas produtividades de 8 a 12 Mg ha⁻¹ (Sacramento et al., 2006).

Silva e Silva (1997), comparando dados de quantidades de alguns nutrientes exportados pelos frutos de graviola na colheita, obtidos por diversos autores, encontraram variações que foram: 2,70 - 3,12 kg Mg⁻¹ de N; 0,13 - 0,53 kg Mg⁻¹ de P; 2,53 - 3,60 kg Mg⁻¹ de K; 0,26 - 0,99 kg Mg⁻¹ de Ca e 0,15 - 0,24 kg Mg⁻¹ de Mg. As diferenças verificadas entre estes resultados são justificadas segundo os autores pelas condições de clima e solo, bem como aos efeitos genéticos.

Vários problemas fitossanitários limitam o cultivo da gravioleira. A broca-do-fruto, *Cerconota anonella* (Sepp.) (Lepidoptera.: Oecophoridae) e a broca-da-semente, *Bephratelloides pomorum* (Fab.) (Hymenoptera: Eurytomidae) são consideradas as pragas mais importantes, pelos danos expressivos que causam à cultura. A utilização de invólucros que não prejudiquem o desenvolvimento normal dos frutos e garantam proteção contra as pragas tem sido incentivada. Esta prática é considerada profilática e assegura bom controle, se for iniciada assim que os frutos tiverem aproximadamente 2,5 cm de comprimento (Micheletti et al., 2001).

De acordo Ponciano et al. (2004), a cultura da graviola apresenta viabilidade econômica no Norte e Noroeste Fluminense.

3.5. Adubação verde

Atualmente, a preocupação com o avanço do processo degradativo instalado em grande parte dos solos brasileiros, e com a prevenção da degradação de novas áreas, tem conduzido à necessidade do uso de práticas de adição de matéria orgânica ao solo. Entre essas, destaca-se a adubação verde, reconhecida como uma

alternativa viável na busca da sustentabilidade para solos agrícolas (Alcântara et al., 2000).

Calegari et al. (1993a) definiram adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se à proteção superficial, bem como à manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo, inclusive a profundidades significativas.

A família das leguminosas (*Fabeaceae*) é a mais utilizada como adubo verde. A principal vantagem do emprego de espécies leguminosas na adubação verde é reduzir a aplicação de N via adubo químico, pois essas plantas fixam este nutriente do ar, quando em simbiose com bactérias diazotróficas, enriquecendo o solo (Silva et al., 2002).

Segundo Calegari et al. (1993a), entre os efeitos da adubação verde sobre a fertilidade do solo estão o aumento do teor de matéria orgânica, da disponibilidade de nutrientes, da capacidade de troca de cátions efetiva (t) do solo, o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, de fundamental importância para a solubilização de minerais, a diminuição dos teores de alumínio trocável, através de sua complexação, a diminuição da acidez do solo e o incremento da capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes lixiviados ou pouco solúveis, que estejam nas camadas mais profundas do perfil.

Segundo Alcântara et al. (2000), os efeitos promovidos pela adubação verde nas propriedades químicas do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais e a interação entre esses fatores.

Castro et al. (2004) avaliaram a utilização de adubação verde como fonte de N para a cultura da berinjela em sistema orgânico, constatando que o uso de leguminosas em pré-cultivo e consórcio contribui para o fornecimento deste nutriente sendo suficiente para compensar o N exportado pela colheita dos frutos. A maior produção de matéria seca das plantas usadas na adubação verde foi da *Crotalaria juncea*, que foi de $6,5 \text{ Mg ha}^{-1}$, o que representou 126 kg ha^{-1} de N.

Perin et al. (2004a) avaliaram o efeito residual do cultivo isolado e consorciado dos adubos verdes *Crotalaria juncea* e *Pennisetum americanum* sobre a transferência de nitrogênio (N) e produção de brócolo, em sucessão ao milho, na ausência e presença da adubação de 150 kg ha⁻¹ de N. Não foi detectado efeito dos adubos verdes sobre o diâmetro, peso da matéria seca das inflorescências e produção de matéria seca do brócolo, tanto na ausência quanto na presença de N-fertilizante. A crotalária isolada em pré-cultivo elevou o teor e acúmulo de N nas folhas e inflorescências de brócolo, na ausência e na presença de N-fertilizante. O aproveitamento do N proveniente da fixação biológica pela inflorescência de brócolo foi de 9,15% para a crotalária isolada e de 8,48% quando consorciada, valores estes, baixos segundo os autores.

A prática de adubação verde, embora apresente várias vantagens, é pouco utilizada pelos agricultores, principalmente durante o verão, pois para eles o cultivo de uma espécie de adubo verde não propicia retorno econômico imediato, ou seja, ocupa o espaço de outra cultura de renda. Isto ocorre em função do desconhecimento dos efeitos benéficos das plantas de cobertura nos sistemas de produção (Dourado et al., 2001).

3.6. *Crotalaria juncea* (crotalária)

A crotalária é uma leguminosa subarborescente, originária da Índia e Ásia tropical, de porte alto (2 a 3 m), com caule ereto, semilenhoso, ramificado na parte superior. É planta anual, de crescimento inicial rápido, com efeito alelopático e/ou supressor de invasoras bastante expressivo. Quanto ao clima é uma planta de clima tropical e subtropical, não resistindo a geadas, apresentando bom comportamento nos solos argilosos e arenosos (Calegari et al., 1993b).

Dentre as diversas leguminosas usadas como adubo verde, a crotalária é muito eficiente como produtora de massa vegetal e como fixadora de N (Salgado et al., 1982). Segundo Souza e Pires (2002), esta espécie é uma das mais utilizadas para adubação verde no Brasil.

A semeadura deve ser feita de setembro até dezembro, nos locais onde há probabilidade de ocorrência de geadas nos meses de abril/maio. Onde não há ocorrência de geadas pode ser semeada até março/abril (Calegari et al., 1993b).

O ciclo completo da cultura é em torno de 270 a 300 dias. O corte da biomassa deve ser realizado na fase de pré-florescimento, ao redor de 100 dias, em razão de apresentar posteriormente um elevado desenvolvimento do caule, dificultando a operação (Calegari et al., 1993b).

Silva et al. (2002) avaliaram a produção de matéria verde e seca e quantidade de nutrientes incorporados ao solo pelo cultivo intercalar de diversas espécies para adubo verde em pomar de laranja-pêra, constatando que a *C. juncea* foi a espécie que mais destacou-se como produtora de biomassa (13,1 Mg ha⁻¹ de matéria seca) e incorporadora de nutrientes. Sendo as quantidades médias de nutrientes incorporadas ao solo pelo cultivo da crotalária nos anos de 1989/90 a 1992/93 de 183,4 kg ha⁻¹ de N, 17,04 kg ha⁻¹ de P, 170,33 kg ha⁻¹ de K, 104,8 kg ha⁻¹ de Ca, 52,4 kg ha⁻¹ de Mg e 13,1 kg ha⁻¹ de S.

Wutke (1993), citado por Dourado et al. (2001), diz que a *C. Juncea* pode fixar 150 a 165 kg ha⁻¹ano⁻¹ de N no solo, podendo chegar a 450 kg ha⁻¹ano⁻¹ em certas ocasiões, produzindo 10 a 15 Mg de matéria seca, o que corresponde a 41 e 217 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e K₂O, respectivamente.

Em um experimento realizado por Menegucci et al. (1995), em um pomar de citros, observaram-se modificações nos parâmetros de fertilidade analisados nas profundidades de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm em área com e sem *C. juncea* para adubação verde. Na camada de 0-20 cm do solo, a *C. juncea* não promoveu alterações aparentes nas variáveis e na camada de 20-40 cm, verificou-se que a *C. juncea* aumentou a soma de bases, a capacidade de trocas de cátions efetiva, o teor de C, os teores de Ca e Mg e reduziu a acidez potencial.

Perin et al. (2004b) avaliaram os efeitos dos cultivos isolados e consorciados dos adubos verdes de verão crotalária (*C. juncea*) e milho (*Pennisetum americanum*) na produção de fitomassa, nos teores e acúmulos de nutrientes e na fixação biológica de N (FBN), constatando que a crotalária apresentou maior produção de fitomassa, 108% maior que a da vegetação espontânea e 31% superior à do milho. O acúmulo de P e Mg foi fortemente influenciado pela produção de

fitomassa, atingindo valores elevados com a presença da crotalária, ao passo que o acúmulo de N e Ca resultou tanto dos maiores teores quanto da maior produção de fitomassa nos tratamentos com a leguminosa. Do total de N acumulado, a FBN foi responsável por 61% na leguminosa, quando consorciada, e 57% quando isolada, sendo o restante proveniente do solo, incorporando ao solo, via FBN, 89 e 173 kg ha⁻¹, respectivamente, em função da diferença na produção de fitomassa dos sistemas, constituído-se excelente estratégia de incremento de N ao solo.

Amabile et al. (2000) estudaram o comportamento de espécies de adubo verde em diferentes épocas de semeadura e espaçamento na região dos cerrados, constatando que o atraso da semeadura (janeiro e março) em relação à época considerada como mais favorável (novembro) reduziu os rendimentos de fitomassa verde e seca da crotalária, o que indica, possivelmente, que a espécie foi afetada pelo fotoperíodo. Quanto aos espaçamentos de 0,40 m e 0,50 m, não alteraram a idade do florescimento, nem a produção de fitomassa verde e seca.

Como a crotalária é uma planta usada para prática da adubação verde, não é adotada pelo agricultor brasileiro que visa à implantação de culturas rentáveis. Portanto, como opção de renda extra, pode-se cultivar a crotalária para fins de produção de sementes, associando-se ainda a adubação fosfatada e a prática de podas, para aumento dessa produção (Dourado et al., 2001).

3.7. Atividade microbiana

A atividade biológica pode ser definida como toda reação bioquímica catalisada pelos organismos do solo, que pode resultar também em atividade física, como no caso do efeito da excreção de polissacarídeos na agregação do solo. As atividades microbianas podem ser divididas em dois tipos: as gerais e as específicas. As atividades gerais são aquelas decorrentes de todos ou quase todos os microrganismos do solo, como a respiração e a produção de calor, apresentando, portanto, valor significativo como índice de atividade total no solo. As atividades específicas são medidas por grupos específicos de microrganismos existentes no solo, dentre os quais se podem citar os fixadores de N e os nitrificantes, entre outros. Ambos os tipos podem ser medidos “*ex situ*” ou “*in situ*”. As atividades “*in situ*” são

feitas diretamente no campo, sob condições naturais, em amostras não perturbadas (Moreira e Siqueira, 2002).

A manutenção e melhoria da qualidade do solo são características chave para a estabilidade, sustentabilidade e produtividade de ecossistemas naturais e de agroecossistemas. Para monitorar a qualidade do solo, torna-se necessário o uso de indicadores apropriados (Marriell et al., 2005). A microbiota dos solos tem sido preconizada como um dos indicadores mais sensíveis para detecção de interferências em ecossistemas (Costa e Siqueira, 2004). O potencial do uso de bioindicadores (indicadores microbianos) reside no fato de serem capazes de detectar rapidamente alterações, em função das práticas de manejo, mesmo quando os atributos químicos e físicos do solo ainda não tenham sido alterados (Marriell et al., 2005).

Dentre os parâmetros utilizados para quantificar a atividade microbiana pode-se citar a respiração, o ATP, a produção de calor e a atividade enzimática (Moreira e Siqueira, 2002). Métodos para avaliar a atividade microbiana no solo são fundamentais no monitoramento ambiental de áreas degradadas (Pereira et al., 2004). Os microrganismos podem ocupar 5% do espaço poroso do solo e a ocorrência de um microrganismo em determinado solo é a expressão de sua reação às condições ambientais, dentro dos limites das características genéticas dos mesmos (Silva et al., 2004b).

Costa e Siqueira (2004) realizaram análise do DNA e a atividade enzimática como bioindicadores de diversidade microbiana do solo de diferentes sistemas, constatando que ambos os bioindicadores foram eficientes na caracterização da qualidade do solo. Dentre os sistemas de reflorestamentos avaliados, o solo com espécies nativas apresentou maior atividade enzimática, 118,73 μg FDA hidrolisada $60\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$, o que ocorreu, provavelmente, por este apresentar maior acúmulo de matéria orgânica. Quando comparado ao solo de mata atlântica este foi inferior 25,12% (158,56 μg FDA hidrolisada $60\text{min}^{-1}\text{g}^{-1}$). Já o solo não reflorestado apresentou atividade próxima de zero. Maior diversidade genética também foi observada nos solos de reflorestamento com espécies nativas e de mata atlântica, o que indica que o solo deste reflorestamento está recuperando o equilíbrio entre os diversos organismos e os domínios funcionais.

Silva et al. (2004a) avaliando a atividade microbiana em função da incorporação de resíduos vegetais adicionados ao solo, através da respiração edáfica, concluíram que, dentre as espécies utilizadas, a maior e a menor produção de CO₂ ocorreu, respectivamente, nos tratamentos com serrapilheira de angico (*Anadenanthera* sp.) e algaroba (*Carapa guianensis* Aubl).

Silva et al. (2004c) avaliaram, em condições controladas, o efeito da compactação sobre a atividade microbiana e mineralização de C orgânico do solo, constatando que, com o aumento da compactação, houve redução da biomassa microbiana e da mineralização do C orgânico, o que pode ser explicado pelo aumento da percentagem de microporos onde os materiais orgânicos foram encerrados e fisicamente protegidos do ataque microbiano.

Matsuoka et al. (2003) avaliaram o C da atividade microbiana (CBM) e a atividade enzimática de microrganismos de solos, na camada de 0-5 cm, em vegetação nativa (cerradão), de vinhedo na linha (VL) e na entrelinha (VE) e do cultivo anual de soja (CA), sendo avaliadas as enzimas do solo associadas ao ciclo do C, β -Glucosidase; ao ciclo do P, fosfatase ácida; e ao ciclo do S, arilsulfatase. Observaram que, em relação ao cerradão, os sistemas VE, VL e CA apresentaram, respectivamente, reduções de 68, 66 e 75%. O manejo diferenciado na VE, com a utilização do capim como cobertura viva, proporcionou maior atividade da enzima β -Glucosidase dentre os sistemas avaliados. No caso da fosfatase ácida foi observada maior atividade no cerradão em relação a VE e CA, o que é justificado pela importância dessa enzima na mineralização do P orgânico nas áreas sob vegetação nativa, onde a matéria orgânica é a principal fonte de nutrientes para o crescimento das plantas. Maior atividade da arilsulfatase também foi observada no cerradão, evidenciando a importância da ciclagem do S orgânico nas áreas nativas. Os autores concluíram que as atividades das enzimas são indicadores biológicos sensíveis para identificar alterações no solo de acordo com os diferentes sistemas de uso da terra.

Paulucio et al. (2004) avaliaram a atividade microbiana em áreas degradadas pela extração de argila, revegetadas com leguminosas e eucalipto, utilizando hidrólise do diacetato de fluoresceína, concluindo que a revegetação da cava de extração de argila aumentou a atividade enzimática no solo. Concluíram ainda que esse indicador de qualidade biológica do solo pode ser utilizado para auxiliar nas

estratégias de manejo de recuperação dessas áreas. O método da hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) é um método que avalia a atividade hidrolítica, que é realizado por várias enzimas (lípsases, proteases e esterases) presentes nos microrganismos e, por esse motivo, tem sido usado com sucesso para avaliar a atividade microbiana nas amostras de solo, apresentando menor variação entre as amostras (Silva et al., 2004b).

Ribeiro (2008) avaliou a influência da adubação verde sobre a atividade microbiana do solo em um pomar de mangueiras e gravileiras conduzido organicamente, utilizando o método de hidrólise de FDA, constatando que não houve influência da adubação verde sobre a atividade microbiana.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Descrição da área

O experimento foi implantado em uma área de cinco hectares de pomar orgânico de mangueira (*Mangifera indica*) e gravioleira (*Annona muricata*), situada em Campos dos Goytacazes, RJ. A latitude local é de 21°36'49,6" (S) e longitude de 41°16'25,7" (W).

O solo é Argissolo amarelo com relevo plano, típico dos tabuleiros costeiros (Costa et al., 2004). O clima é do tipo Awa, pela classificação de Köppen, com predominância do clima quente e úmido, sem inverno pronunciado. O regime pluviométrico apresenta chuvas no verão e estiagem no inverno, com precipitação média anual em torno de 1095,03 mm, nos anos de 2005 a 2007. Na Figura 1, são apresentados os dados de precipitação, temperatura máxima, média e mínima mensal de novembro de 2004 a novembro de 2007, conforme dados obtidos na PESAGRO-RIO (Laboratório de Engenharia Agrícola - LEAG/CCTA/UENF), em Campos dos Goytacazes, RJ.

A área foi utilizada para cultivo da cana-de-açúcar por longo tempo e, posteriormente, esta cultura foi eliminada, ocorrendo regeneração natural e mantida sob pousio por dez anos, aproximadamente.

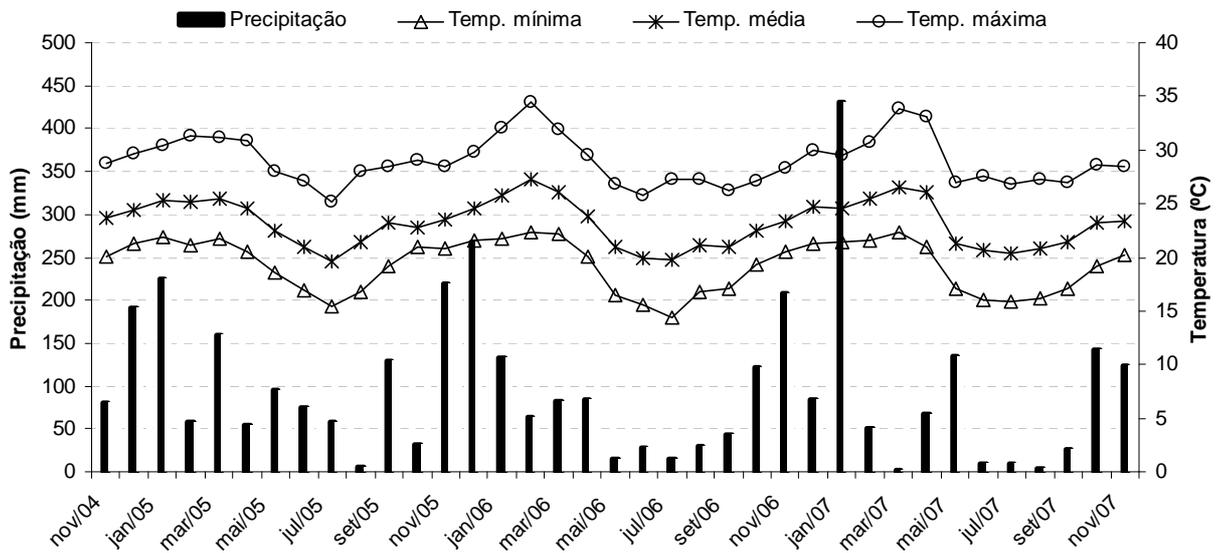


Figura 1. Temperatura máxima, média e mínima e precipitação pluviométrica mensal em Campos dos Goytacazes - RJ, segundo a estação climatológica da Pesagro-Rio. ■

No ano de 2002 foi plantado milho e nas entrelinhas foi semeada crotalária. A crotalária foi roçada 40 dias após o plantio, deixando-se os restos culturais na superfície do solo como adubação verde. Com a rebrota, a crotalária permaneceu até a produção de sementes. Após a colheita do milho, os restos culturais do milho e crotalária foram incorporados por uma gradagem leve. Isto proporcionou a germinação das sementes de crotalária, que cobriu completamente a área de plantio, permanecendo até o plantio das frutíferas.

Com a finalidade de desenvolver um sistema agrícola de produção orgânica na região com mangueira e gravioleira, em setembro de 2003, foram feitas covas na dimensão de 0,5 x 0,5 m, com espaçamento de 8 x 8 m, sendo adubadas com material de compostagem de casca de eucalipto e farinha de carne e ossos. Também foram adicionados 300 g de calcário dolomítico por cova. O plantio foi realizado em novembro de 2003 com mudas de mangueira, variedade Tommy Atkins, e gravioleira, variedades Morada e Criola, dispostas em linhas homogêneas e alternadas.

4.2. Condução do experimento

Na área do pomar implantado, conduzido de forma orgânica, com finalidade comercial foram implantados os sistemas de cultivo apresentados na Tabela 1. Cada sistema foi estabelecido em uma área de 4608 m². Em novembro de 2004 foram plantadas mudas de neem e em novembro de 2005 foi semeada a crotalária nos respectivos sistemas de produção.

Tabela 1. Sistemas agroflorestais implantados em um pomar de cultivo orgânico de mangueira e gravioleira com crotalária e neem, em Campos dos Goytacazes - RJ

Sistemas de produção (Sigla)	Componentes	Descrição
F	Frutíferas (testemunha)	Entre as linhas das frutíferas foi mantida a vegetação de ocorrência natural, com roçadas periódicas (Figura 2)
FN	Frutíferas + neem	Uma linha de neem foi plantada entre as linhas das frutíferas em quincôncio e nas entrelinhas foi mantida a vegetação de ocorrência natural, com roçadas periódicas (Figura 3)
FNC	Frutíferas + neem + crotalária	Uma linha de neem foi plantada entre as linhas das frutíferas em quincôncio e nas entrelinhas das frutíferas e do neem foi semeada crotalária (Figura 4)
FC	Frutíferas + crotalária	A crotalária foi semeada entre as linhas das frutíferas (Figura 5)

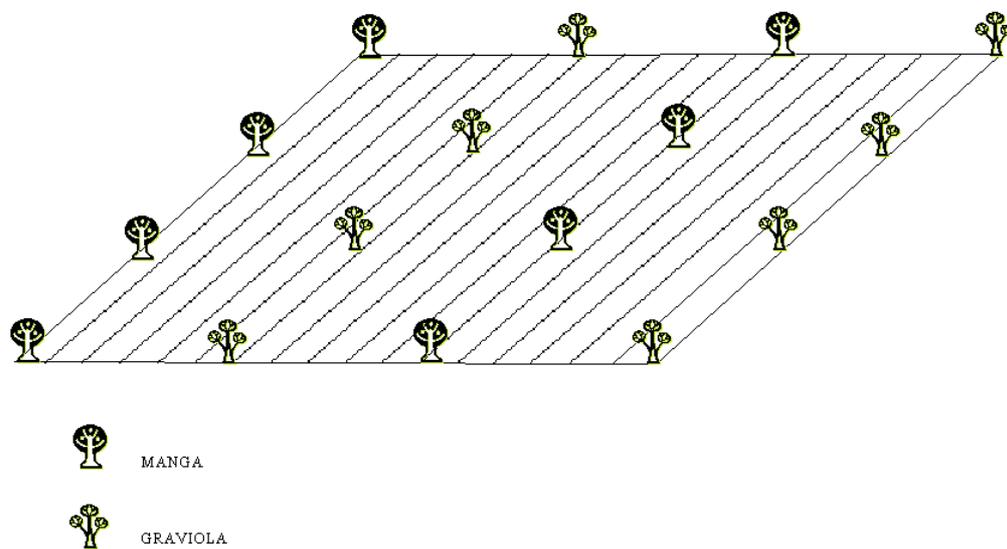


Figura 2. Croqui do sistema de produção das frutíferas - testemunha

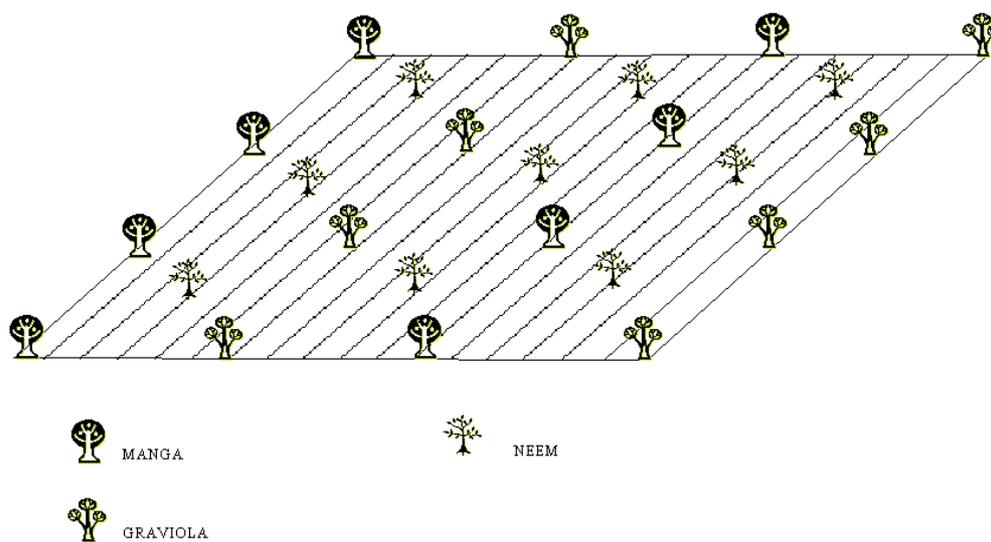


Figura 3. Croqui do sistema de produção frutíferas + neem

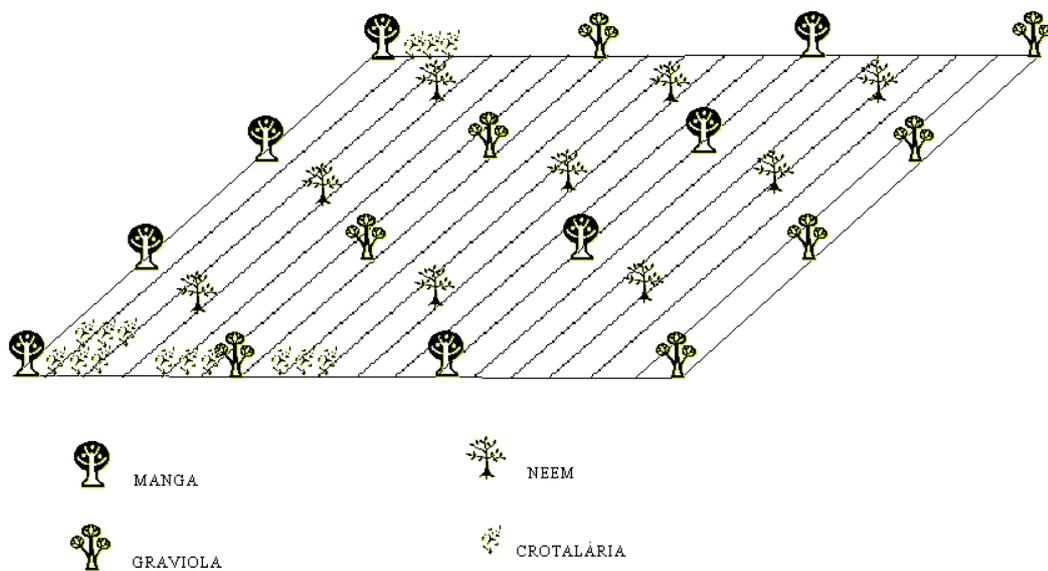


Figura 4. Croqui do sistema de produção frutíferas + neem + crotalária

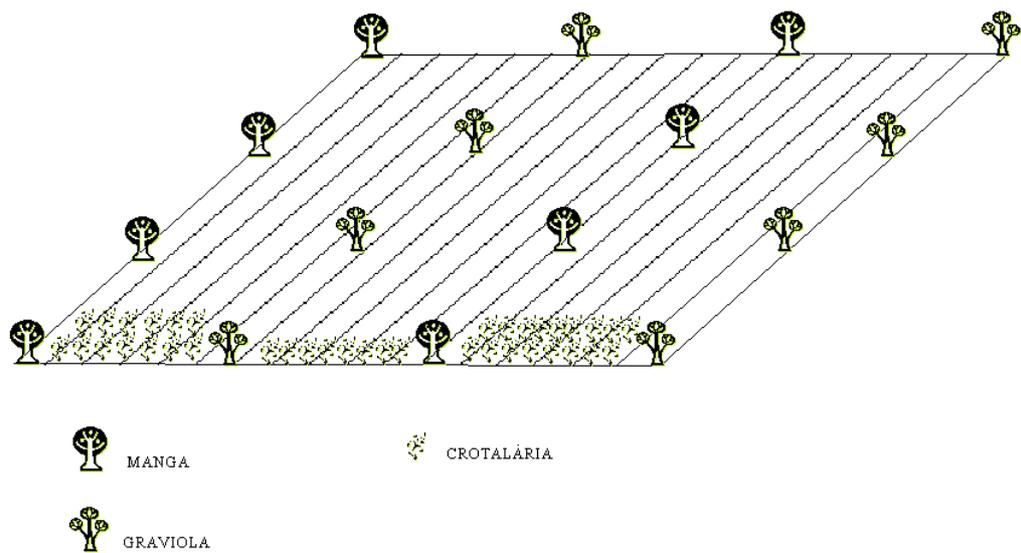


Figura 5. Croqui do sistema de produção frutíferas + crotalária

Cada sistema de produção foi dividido em nove subáreas de 512 m², cada uma constituída de oito frutíferas (quatro gravioleiras e quatro mangueiras). Destas nove subáreas, seis foram selecionadas, ao acaso, para a realização das amostragens.

As mudas de neem foram produzidas a partir de sementes, de um povoamento em Natividade - RJ, e o plantio foi realizado, em novembro de 2004, entre as linhas das frutíferas, em quincôncio. As mudas foram plantadas em covas de 30 x 30 x 30 cm que receberam cinco litros de composto orgânico.

A crotalária foi semeada em novembro de 2005, entre as linhas das frutíferas e do neem, no sistema de produção FNC, e entre as linhas das frutíferas, no sistema de produção FC, sendo mantida uma distância de 1,5 m das frutíferas e 1,0 m do neem. A semeadura foi feita em covas com o auxílio de matraca, onde foram colocadas aproximadamente cinco sementes por cova, com espaçamento de 0,5 m nas entrelinhas e 0,2 m entre as covas na linha.

Em maio e novembro de 2006 (2,5 e 3 anos após o plantio das frutíferas), as frutíferas foram adubadas com material de compostagem de casca de eucalipto, esterco bovino, farinha de carne e ossos, cinza, restos de culturas e de madeira. Foram aplicados aproximadamente 10 litros em cada frutífera em todos os sistemas de produção.

A crotalária foi cortada no dia 10 de fevereiro de 2006, 74 dias após a semeadura, no início do seu florescimento. Após a rebrota, realizou-se o segundo corte no dia 05 de abril de 2006, 54 dias após o primeiro corte. Os cortes foram efetuados a uma altura de cinco a dez cm de solo. A fitomassa foi dividida equitativamente e adicionada sob a copa das fruteiras e do neem, nos tratamentos correspondentes.

4.3. Avaliações

4.3.1. Quantificação, avaliação da decomposição e qualidade nutricional da fitomassa produzida pela parte aérea da crotalária

Para quantificação, foram coletadas, em ambos os cortes, a fitomassa produzida em três amostras de 1 m² por subárea, sendo avaliadas as seis subáreas selecionadas por sistema de produção. Esta avaliação foi realizada no sistema de produção FNC (frutíferas + neem + crotalária) e FC (frutíferas + crotalária).

As taxas de decomposição foram estimadas utilizando-se o método do “litterbags”, que consiste no uso de sacos de decomposição, confeccionados com tela de polietileno, com dimensões de 35 x 28 cm e malha de 1 mm, permitindo a entrada da microfauna e parte da mesofauna. Cada saco de decomposição recebeu 50 gramas de fitomassa recém-cortada (primeiro corte) e, posteriormente, foi costurado nas laterais com linhas de nylon.

Foram distribuídos 48 sacos de decomposição no sistema de produção FC. Os sacos, contendo o material da poda da crotalária, foram colocados sobre o solo e misturados ao material proveniente do corte, que foi adicionado sob a copa das frutíferas, sendo nove sacos de decomposição em cada subárea, um para cada época de avaliação. Foi quantificada a massa seca residual e realizadas as análises nutricionais. As amostragens foram simples, ao acaso, realizadas no dia do corte (aos 74 dias após a semeadura), aos 3, 6, 10, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o corte. Em cada época foram coletados seis sacos de decomposição, correspondendo a uma amostra por subárea selecionada.

Após cada coleta, o material foi limpo, para retirar o excesso de terra, e levado para estufa de circulação forçada de ar seco, à temperatura de 65° C, por 72 horas. Após a secagem o material foi pesado, para estimar a massa seca, e triturado em moinho (Tipo Wiley), com peneira de 20 *mesh*,

Posteriormente, as amostras foram submetidas às digestões sulfúrica e nítrico-perclórica (Malavolta et al, 1997) e os extratos utilizados para a determinação dos teores de P, K, Ca, Mg, S e C. O P foi determinado por colorimetria; o K, por fotometria de chama; o Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica; o S, por turbidimetria com cloreto de bário (Jones jr. et al., 1991; Malavolta et al., 1997); N total (N_{Total}) pela digestão Kjeldahl e o C, por oxidação com dicromato de potássio em meio ácido (Anderson e Ingram, 1996).

Foram também determinados os teores de lignina e celulose no dia do corte, aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o corte, pelo método do fracionamento das fibras em detergente ácido (FDA), descrito por Van Soest e Wine (1968).

As análises estatísticas dos dados da fitomassa produzida e adição de nutrientes foram realizadas por média e intervalo de confiança (COCHRAN, 1955), considerando o nível de significância α igual a 5 %, admitindo-se uma amostra representativa de uma população infinita. Para taxa de decomposição da fitomassa e liberação de nutrientes foram calculadas as médias e ajustados os modelos de decaimento para o comportamento das variáveis ao longo do tempo, descrita por uma equação exponencial simples: $Y_t = a e^{-bt}$. Onde, Y_t = massa ou nutriente remanescente no "litterbag"; t = tempo em dias; a = massa inicial ou nutriente inicial; b = taxa de decomposição. As curvas de decaimento e suas respectivas equações matemáticas foram obtidas através de regressões, utilizando-se o programa estatístico SigmaPlot (2001), que também foi utilizado para a confecção dos gráficos.

4.3.2. Determinação da atividade enzimática microbiana do solo

Foi avaliada a atividade enzimática do solo sob as frutíferas ao longo do período de decomposição da crotalária, no sistema de produção F (frutíferas que não receberam os resíduos da crotalária) e o sistema de produção FC (frutíferas que receberam os resíduos da crotalária). As coletas das amostras de solo foram feitas no momento do corte da crotalária e aos 10, 20, 40, 80, 100 e 120 dias após o corte.

A coleta das amostras de solo foi realizada na profundidade de 0-5 cm, a 50 cm do tronco das árvores. As amostras de solo recém-coletado foram passadas em uma peneira com malha de 2 mm e conservadas em câmara fria até a análise.

A amostragem foi realizada, retirando-se quatro amostras simples de solo por subárea, para compor uma amostra composta (0,5 - 1 kg), sendo duas sob a copa de mangueiras e duas sob a copa de gravioleiras, que foram escolhidas aleatoriamente. Foram avaliadas seis subáreas por sistema de produção e sete períodos de coleta, totalizando 42 amostras compostas por sistema de produção.

Também foi determinada a atividade enzimática do solo sob a copa do neem nos sistemas de produção FN e FNC para avaliar a influência da crotalária sobre

atividade microbiana no solo em contato com o neem. No sistema de produção FN as plantas de neem não receberam os resíduos de fitomassa da crotalária e no sistema de produção FNC as plantas de neem receberam os resíduos da fitomassa da crotalária proveniente do corte. Para isso, foram retiradas amostras pontuais no início de agosto de 2006 (estação seca) e fevereiro de 2007 (estação chuvosa). Para determinação da atividade enzimática, foram retiradas três amostras simples por subárea para compor uma amostra composta (0,5 - 1 kg) e, como cada subárea apresenta três plantas de neem, uma amostra simples foi retirada de cada planta. Foram avaliadas seis subáreas por sistema de produção, totalizando seis amostras compostas por sistema de produção. O procedimento de coleta das amostras de solo sob a copa do neem foi o mesmo utilizado sob a copa das frutíferas.

A atividade enzimática foi determinada pelo método de hidrólise do diacetato de fluoresceína, descrito por Chen et al. (1988), que se baseia em estimar a fluoresceína produzida no solo tratado com solução de diacetato de fluoresceína e incubado a 24°C.

Foram pesados 5 g da amostra úmida do solo (peso A) que, posteriormente, foi seca em estufa a 60 °C por, aproximadamente, 12 horas, obtendo-se o peso seco do solo (peso B). Foi pesado solo úmido, equivalente a 5 g de solo seco, em erlenmeyer de 125 mL, com quatro repetições por amostra. Em cada erlenmeyer foram colocados 20 mL de solução tampão (fosfato de sódio 60 mM, pH 7,6) e depois 200 µL (0,2 mL) da solução de diacetato a 2 mg mL⁻¹, sendo fechados com folha de alumínio. A mistura foi incubada em agitador a 150 rpm, a 24°C, por 20 minutos. Após este período de incubação a reação foi interrompida e foram adicionados 20 mL de acetona. Foi feita a leitura do sobrenadante no espectrofotômetro para a determinação da absorbância.

A curva foi feita colocando cinco gramas de solo em cada erlenmeyer, com duas repetições para cada ponto da curva, sendo os pontos da curva as concentrações 0, 100, 200, 300 e 400 µg de FDA, correspondendo respectivamente a 0, 50, 100, 150 e 200 µL de solução de diacetato de fluoresceína. Foram colocados 5 mL de solução tampão em tubos fechados e adicionados 0, 50, 100, 150 e 200 µL de solução de diacetato em cada tubo. Os tubos foram tampados, fervidos a 100° C, por cinco minutos em banho-maria e resfriados em um banho com gelo. Depois

foram colocadas em cada erlenmeyer as respectivas concentrações preparadas nos tubos fechados e adicionados 15 mL de solução tampão. Os erlenmeyers foram agitados por 20 minutos e após este período a reação foi interrompida, sendo adicionados 20 mL de acetona.

Durante duas horas as amostras foram deixadas em repouso, ocorrendo à deposição do solo no fundo do erlenmeyer, foi retirado então o sobrenadante para centrifugação por 10 minutos. Foi feita a leitura do sobrenadante em espectrofotômetro para a determinação da concentração de fluoresceína, estimando-se assim a atividade microbiana no solo que foi determinada diretamente na curva ou pela equação da curva padrão.

As análises estatísticas dos dados da atividade enzimática das amostras pontuais sob o neem e das amostras sob as frutíferas foram realizadas por média e intervalo de confiança (COCHRAN, 1955), considerando o nível de significância α igual a 5 %, admitindo-se uma amostra representativa de uma população infinita.

4.3.3. Análises químicas e físicas do solo

Em outubro de 2005 e 2006 foram coletadas amostras de solo nas seis subáreas selecionadas em cada sistema de produção. Foi retirada, em cada subárea, uma amostra composta de quatro subamostras, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. A amostragem do solo foi feita, ao acaso, sob a copa das frutíferas a aproximadamente 80 cm do tronco das frutíferas.

Foram feitas as seguintes determinações, conforme os métodos descritos por EMBRAPA (1999): pH em água; P e K extraíveis por Mehlich⁻¹ determinados, respectivamente, por colorimetria e fotometria de chama; Ca e Mg extraíveis por KCl 1 mol L⁻¹, determinados por espectrofotometria de absorção atômica; H + Al, por acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹ a pH 7,0; N total, pelo método Kjeldahl e C-orgânico, por oxidação com K₂Cr₂O₇ 1,25 mol L⁻¹ em meio ácido (Anderson & Ingram, 1996).

Determinaram-se ainda, nas amostras de solo coletadas em outubro de 2005, a densidade de partículas e a composição granulométrica, conforme procedimentos descritos por EMBRAPA (1997). A composição granulométrica e a classe textural são apresentadas na Tabela 2.

Em setembro de 2007, foram coletadas, em cada subárea selecionada, seis amostras indeformadas de solo por profundidade (0-5 e 5-10 cm), sendo três sob a copa de mangueiras e três sob a copa de gravioleiras para determinação da densidade do solo, porosidade total, micro e macroporosidade. As análises destas características foram realizadas conforme procedimentos descritos por EMBRAPA (1997).

As análises estatísticas dos dados das análises químicas e físicas foram realizadas por média e intervalo de confiança (COCHRAN, 1955), considerando o nível de significância α igual a 5 %, admitindo-se uma amostra representativa de uma população infinita.

Tabela 2. Análise granulométrica e classe textural de solos de diferentes sistemas agroflorestais coletadas em outubro de 2005, em Campos do Goytacazes - RJ

Sistema de produção	Profundidade (cm)	Areia	Silte	Argila	Classe textural
		-----g kg ⁻¹ -----			
Frutíferas (testemunha)	0-5cm	726,48	75,57	197,95	Franco arenosa
	5-10 cm	693,78	84,63	221,58	Franco argilo arenosa
	10-20 cm	702,71	85,57	211,72	Franco argilo arenosa
Frutíferas + Neem	0-5cm	719,69	75,71	204,60	Franco arenosa
	5-10 cm	671,77	85,37	242,87	Franco argilo arenosa
	10-20 cm	652,43	86,33	261,24	Franco argilo arenosa
Frutíferas + Neem + Crotalária	0-5cm	740,51	70,70	188,79	Franco arenosa
	5-10 cm	719,64	73,38	206,99	Franco arenosa
	10-20 cm	729,92	69,72	200,36	Franco arenosa
Frutíferas + Crotalária	0-5cm	761,06	86,18	152,76	Franco argilo arenosa
	5-10 cm	768,33	81,51	150,15	Franco argilo arenosa
	10-20 cm	762,35	81,84	155,82	Franco argilo arenosa

4.3.4. Avaliação do crescimento e estado nutricional das frutíferas e do neem

As frutíferas das seis subáreas selecionadas em cada sistema de produção foram medidas aos 13, 22, 26, 31, 39 e 45 meses após o plantio, quanto à altura e diâmetro à altura do solo (DAS).

As plantas de neem dos sistemas de produção FN e FNC foram medidas aos 3, 6, 12, 18, 24 e 30 meses após o plantio, quanto à altura e DAS.

A avaliação do estado nutricional da mangueira e gravioleira foi realizada aos 45 meses após o plantio, sendo retiradas quatro amostras simples por subárea para compor uma amostra composta, para cada uma das espécies. A amostra simples da mangueira foi realizada segundo Magalhães e Borges (2000), consistindo na retirada de quatro folhas adultas por planta, em todos os quadrantes, a uma altura mediana da copa, em todas as plantas da subárea. Para formar as amostras simples da gravioleira, foram retiradas quatro folhas adultas, coletadas com pecíolo, da porção mediana da copa e do ramo, uma de cada quadrante da planta (Pinto et al., 2001). Foram avaliadas seis subáreas por sistema de produção, sendo duas amostras compostas (uma para cada fruteira) por subárea, totalizando seis amostras compostas por espécie, em cada sistema de produção.

A avaliação do estado nutricional das plantas de neem foi realizada aos 33 meses após o plantio. Foram retiradas três amostras simples por subárea para compor uma amostra composta. A amostra simples foi realizada retirando-se quatro folhas compostas por planta, um em cada quadrante, a uma altura mediana da copa, nas três plantas da subárea, sendo uma amostra simples por planta. Na amostragem retiraram-se folhas na parte mediana dos ramos. Foram avaliadas seis subáreas por sistema de produção (FN e FNC), sendo uma amostra composta por subárea, totalizando seis amostras compostas por sistema de produção.

As amostras foram acondicionadas em sacos de papel e colocadas em estufa de circulação forçada de ar, à temperatura constante de 65° C, por 72 horas e, posteriormente, este material foi analisado para determinação dos teores de N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn. O N foi determinado pelo método de Nessler (Jackson, 1965); o P, por colorimetria; o K, por fotometria de chama; Ca, Mg, Fe, Zn e Mn, por espectrofotometria de absorção atômica e o S, por turbidimetria com cloreto de bário, segundo Jones Jr. et al. (1991) e Malavolta et al. (1997).

As análises estatísticas dos dados do crescimento em altura e DAC e dos teores dos nutrientes nas frutíferas e no neem foram realizadas por média e intervalo de confiança (COCHRAN, 1955), considerando o nível de significância α igual a 5 %, admitindo-se uma amostra representativa de uma população infinita.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Quantificação e qualidade nutricional da fitomassa da parte aérea da crotalária

Com o manejo dos dois cortes da crotalária foi adicionado ao solo no sistema de produção FNC, aproximadamente, $9,62 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa fresca, correspondente à cerca de $2,79 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa seca. No sistema de produção FC, a produção foi de $15,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa fresca, o que correspondente a, aproximadamente, $4,59 \text{ Mg ha}^{-1}$ de fitomassa seca (Tabela 3). O sistema de produção FNC produziu menos fitomassa seca, nos dois cortes, em comparação ao sistema de produção FC. Uma possível explicação é a presença do neem, que representa mais uma espécie no sistema de produção, reduzindo a área de plantio da crotalária.

No segundo corte a produção de fitomassa foi maior, para os dois sistemas de produção, o que se deve, provavelmente, ao maior volume de sistema radicular e ao aumento da umidade do solo, com as chuvas dos meses de dezembro e janeiro (Tabela 3).

Cada frutífera recebeu com o manejo dos dois cortes no sistema de produção FNC e FC um total de, aproximadamente, $44,78 \text{ kg}$ e $97,98 \text{ kg}$ de fitomassa fresca, respectivamente. No sistema de produção FNC a produção de

fitomassa da crotalária foi dividida por 99 plantas, sendo 27 plantas de neem, 36 mangueiras e 36 gravioleiras e no sistema de produção FC a produção foi dividida pelas 72 frutíferas.

Tabela 3: Produção de fitomassa fresca e seca da parte aérea da *Crotalaria juncea* em dois sistemas de produção nos dois cortes após a semeadura, em Campos dos Goytacazes - RJ

Corte (DAS ¹)	Fitomassa fresca		Fitomassa seca	
	frutíferas + neem+crotalária	frutíferas + crotalária	frutíferas + neem+crotalária	frutíferas + crotalária
-----Mg ha ⁻¹ -----				
74	3,14 ± 0,56 Ba	4,85 ± 1,28 Ba	1,00 ± 0,15 Bb	1,71 ± 0,36 Ba
128	6,48 ± 1,42 Ab	10,46 ± 1,64 Aa	1,79 ± 0,38 Ab	2,88 ± 0,50 Aa

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na mesma linha e variável e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade;

¹ DAS = Dias após a semeadura.

Silva et al. (2002) ao avaliarem a produção de fitomassa de crotalária semeada entre as linhas de um pomar de laranja-pêra (50% da área total), obtiveram uma produção média de 3,6 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca no primeiro ano, efetuando-se o corte aos 113 dias após a semeadura. Ao continuar a avaliação nos três anos seguintes, os valores de produção de fitomassa aumentaram, o que, segundo os autores, é justificado pela melhoria na fertilidade do solo e das condições para o desenvolvimento da crotalária semeada posteriormente. Comparando a produção de 3,6 Mg ha⁻¹ de fitomassa seca com as produções obtidas no presente trabalho, observa-se que o sistema FNC apresentou produção 23% menor. Entretanto, a produção do sistema FC foi 21% maior, o que demonstra adaptação similar da espécie no sistema, considerando que a área de semeadura neste sistema foi de 62,5% da área total.

Amabile et al. (2000), em Senador Canedo - GO, avaliaram a semeadura de crotalária no início, meado e final da estação chuvosa, com corte das plantas ao atingirem 50% de florescimento, que ocorreu aos 118, 88 e 67 dias após a semeadura. A produção de fitomassa seca foi de 17,27, 7,99 e 6,00 Mg ha⁻¹, respectivamente. Tais resultados foram maiores em comparação com as produções obtidas no presente trabalho, o que pode ser justificado pelo manejo diferenciado no

qual a semeadura foi mecanizada e após dez dias da emergência, executou-se o desbaste, estabelecendo uma lotação de 25 plantas por metro. A semeadura foi realizada em toda área de produção, diferente dos sistemas FNC e FC, que tiveram suas áreas de semeadura reduzidas para 50% e 62,5%, respectivamente.

Em Viçosa - MG, Perin et al. (2004b) obtiveram uma produção de fitomassa seca de crotalária de 9,34 Mg ha⁻¹, aos 68 dias após a semeadura, produção esta maior que as observadas nos sistemas de produção FNC e FC, tanto em função da semeadura ter sido realizada em toda área de produção, quanto pela boa adaptação da espécie às condições edafoclimáticas.

Entretanto, Torres et al. (2005) obtiveram resultados de produção de fitomassa seca de crotalária de 3,9 e 3,7 Mg ha⁻¹ (corte aos 110 dias após a semeadura) em Uberaba - MG, em 2000 e 2001, respectivamente, produções estas similares às observadas no presente trabalho.

Em Campos dos Goytacazes - RJ, Queiroz et al. (2007) avaliaram a produtividade de fitomassa seca de albizia, canafístula, gliricídia, guandu, leucena, sabiá e sesbânia no sistema de aléias, sem adubação de P, verificando médias de 0,19 a 5,37 e 0,463 a 4,49 Mg ha⁻¹, no ano de 2004 e 2005, respectivamente, médias estas resultantes da soma de duas podas a 1,5 m de altura. Os resultados obtidos por estes autores são menores que os obtidos nos dois manejos da crotalária nos sistemas de produção FNC e FC, com exceção do guandu, que apresentou a maior produção nos dois anos. O manejo da poda parcial das copas, o porte e as características das espécies explicam tais resultados.

Na Tabela 4, são apresentados os valores médios dos teores de nutrientes na fitomassa da parte aérea da crotalária no sistema de produção FNC e FC, verifica-se que não houve diferença estatística nos resultados de N, P, S e C entre os sistemas. Os teores de K e Mg foram maiores e o de Ca menor no sistema FC.

Tabela 4: Valores médios dos teores de nutrientes na fitomassa da parte aérea da *Crotalaria juncea*, em Campos dos Goytacazes - RJ

Nutriente	Frutíferas + neem + crotalária	Frutíferas + crotalária
N (g kg ⁻¹)	32,13 ± 5,10 a	32,54 ± 4,03 a
P (g kg ⁻¹)	1,33 ± 0,16 a	1,41 ± 0,07 a
K (g kg ⁻¹)	9,56 ± 1,14 b	14,74 ± 1,34 a
Ca (g kg ⁻¹)	18,15 ± 0,93 a	12,87 ± 1,73 b
Mg (g kg ⁻¹)	4,43 ± 0,25 b	5,53 ± 0,75 a
S (g kg ⁻¹)	1,74 ± 0,31a	1,70 ± 0,24 a
C (%)	41,86 ± 0,87 a	40,55 ± 0,73 a

Médias seguidas da mesma letra na linha não diferem significativamente entre si pelo intervalo de confiança (IC), em nível de 5% de probabilidade.

Em Bebedouro - SP, Silva et al (2002) obtiveram, em quatro anos de avaliação, os teores médios de 14 g kg⁻¹ de N, 1,3 g kg⁻¹ de P, 13 g kg⁻¹ de K, 8 g kg⁻¹ de Ca, 4 g kg⁻¹ de Mg e 1,0 g kg⁻¹ de S, na fitomassa da parte aérea da crotalária consorciada com laranja-pêra. Verifica-se que para todos os nutrientes foram obtidos valores inferiores aos sistemas de produção FNC e FC, exceto para o K, no sistema de produção FNC. Sabe-se que concentrações mais elevadas de Ca e Mg no solo podem acarretar em menor absorção de K pelo sistema radicular, o que, possivelmente, justifica a menor concentração de K, uma vez que os teores de Ca foram muito maiores no presente trabalho.

De posse dos resultados de produção média de fitomassa seca (Tabela 3) e teores médios de nutrientes (Tabela 4) calculou-se a quantidade de nutrientes depositados ao solo para os dois sistemas de produção, nos dois cortes da parte aérea (Tabela 5). Assim, constata-se que a crotalária incorporou quantidades expressivas de nutrientes, pela ciclagem e fixação e proporcionou a disponibilização destes para as frutíferas, uma vez que sistema radicular desta espécie traz para parte aérea nutrientes perdidos por lixiviação e/ou de pouca mobilidade no solo.

Tabela 5: Quantidade de nutrientes depositados ao solo, em dois cortes da parte aérea da *Crotalaria juncea*, em dois sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes - RJ

Nutriente	Corte (DAS ¹)	Frutíferas + neem + crotalária	Frutíferas + crotalária
		-----kg ha ⁻¹ -----	
N	74	32,13 ± 5,10 Bb	55,64 ± 6,89 Ba
	128	57,51 ± 9,13 Ab	93,72 ± 11,61 Aa
P	74	1,33 ± 0,16 Bb	2,41 ± 0,12 Ba
	128	2,38 ± 0,28 Ab	4,06 ± 0,20 Aa
K	74	9,56 ± 1,14 Bb	25,21 ± 2,29 Ba
	128	17,11 ± 2,04 Ab	42,45 ± 3,86 Aa
Ca	74	18,15 ± 0,93 Ba	22,01 ± 2,96 Ba
	128	32,49 ± 1,66 Aa	37,07 ± 4,98 Aa
Mg	74	4,43 ± 0,25 Bb	9,46 ± 1,28 Ba
	128	7,93 ± 0,45 Ab	15,93 ± 2,16 Aa
S	74	1,74 ± 0,31 Bb	2,91 ± 0,41 Ba
	128	3,11 ± 0,55 Ab	4,90 ± 0,69 Aa
C	74	418,60 ± 8,70 Bb	693,41 ± 12,48 Ba
	128	749,29 ± 15,57 Ab	1167,84 ± 21,02 Aa

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na linha e maiúscula na mesma coluna e variável, não diferem e entre si pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade;

¹ DAS = Dias após a semeadura.

A quantidade de nutrientes incorporados nos dois sistemas seria suficiente para repor a exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira em fase inicial de produção, segundo os dados de quantidade de nutrientes exportados em média por tonelada de frutos de manga, variedade Tommy Atkins, apresentados por Magalhães e Borges (2000) que foram de 1,09 kg de N, 0,12 kg de P, 0,91 kg de K, 0,25 kg de Ca, 0,24 kg de Mg e 0,12 kg de S por tonelada de frutos.

Na Tabela 5, verifica-se que, no segundo corte, houve maior deposição de nutrientes nos dois sistemas de produção, devido à maior produção de fitomassa (Tabela 3). Quanto às diferenças entre os sistemas de produção, verificou-se que todos os nutrientes, nos dois cortes, foram significativamente superiores no sistema

de produção FC, devido à maior produção de fitomassa neste sistema, com exceção do Ca, nos dois cortes, que não diferiu entre os sistemas de produção.

Silva et al. (2002) verificaram que a quantidade média de nutrientes incorporados ao solo pelo cultivo da crotalária, em quatro anos de cultivo foi de 91,70 kg ha⁻¹ de N, 8,52 kg ha⁻¹ de P, 85,17 kg ha⁻¹ de K, 52,40 kg ha⁻¹ de Ca, 26,20 kg ha⁻¹ de Mg e 6,55 kg ha⁻¹ de S. Comparando as quantidades de nutrientes depositados nos sistemas do presente trabalho com estas médias, verifica-se que apenas as quantidades de N, Ca e S do sistema FC foram maiores, o que é justificado pelas maiores produções de fitomassa obtidas por estes autores, durante os quatro anos do experimento.

As médias estimadas da produção de fitomassa no manejo dos dois cortes da crotalária e a adição de nutrientes mostram que a espécie pode suprir uma boa parte da demanda nutricional do pomar, especialmente quanto ao nitrogênio. Cada frutífera recebeu, aproximadamente, nos sistemas de produção FNC e FC, 0,41 kg e 0,95 kg de N, respectivamente. No sistema FNC as plantas de neem também receberam aproximadamente 0,41 kg de N, após os dois cortes.

Segundo Viégas e Frazão (2004), a recomendação para adubação da graviola no terceiro e quarto ano é de 80 g de N por planta, o que confirma que a adubação verde realizada nos dois sistemas neste presente trabalho foi suficiente para suprir a exigências deste nutriente pelas plantas. Quanto ao K cada frutífera recebeu 0,12 kg e 0,43 kg nos sistemas FNC e FC, respectivamente, resultados estes maiores que os 0,13 kg de K₂O recomendados para adubação, segundo os mesmos autores.

5.2. Decomposição da fitomassa da parte aérea da crotalária

Os resultados de fitomassa seca remanescente da curva de decaimento da crotalária apresentam uma perda de 17%, aproximadamente, nos primeiros 15 dias e, posteriormente, de 50% aos 50 dias, o que demonstra uma decomposição rápida. Em torno dos 50 dias de decomposição o processo de perda de fitomassa começa a ficar mais lento devido à dificuldade dos microrganismos decompositores utilizarem a fração mais recalcitrante da fitomassa, como alguns componentes da parede celular.

Outra explicação é a redução da temperatura e da precipitação que pode ser observada na Figura 1, diminuindo a atividade dos microrganismos decompositores. Ao final dos 150 dias o total de fitomassa perdida foi de aproximadamente 88% (Figura 6).

Silva e Menezes (2007) obtiveram uma taxa de decomposição da fitomassa seca da crotalária mais rápida inicialmente, sendo que, aos 7 dias, 22% já tinham sido perdidas, enquanto no presente trabalho apenas 7%, neste intervalo de tempo. Aos 82 dias esta diferença foi reduzida, apresentando valores aproximados de 73% da fitomassa seca decomposta em comparação aos 69% no presente trabalho.

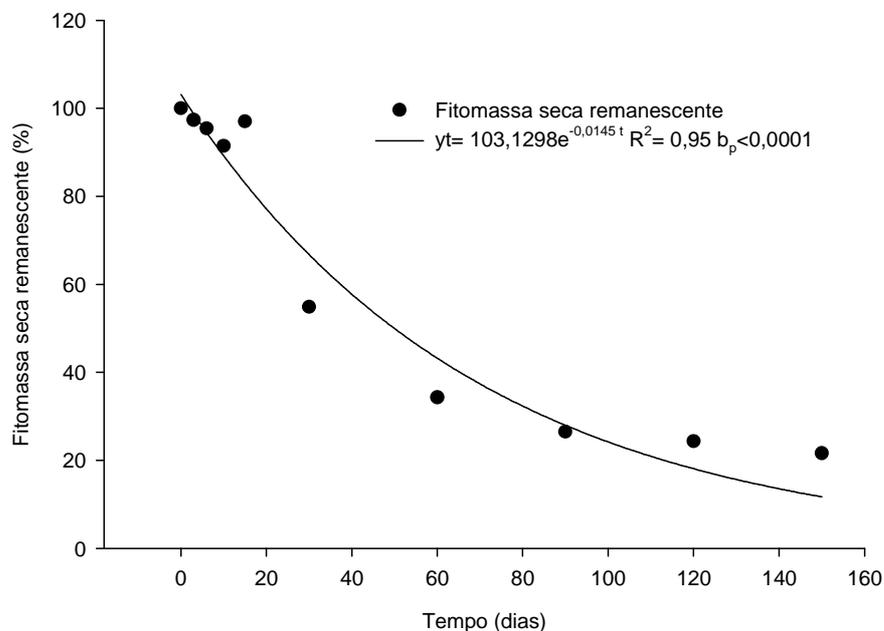


Figura 6. Fitomassa seca remanescente em resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea*, no período de decomposição, em Campos dos Goytacazes - RJ

As curvas de decomposição do C e da celulose apresentaram tendência semelhante. Isto porque a celulose representa a maior parte do C fixado pelas plantas. A fitomassa apresentou, aos 30 dias de decomposição, uma perda de aproximadamente 36% de C e 37% de celulose e ao final dos 150 dias somente restavam 9% de C e 12% de celulose (Figuras 7 e 8).

Como a celulose representa boa parte dos resíduos vegetais, com maior percentual de C, as curvas de taxa de decomposição de C e celulose foram semelhantes à da decomposição de fitomassa seca, apresentando uma taxa de

decomposição maior nos primeiros 50 dias, dado que a fração mais prontamente assimilável da fitomassa é rapidamente utilizada pelos microrganismos decompositores. À medida que o substrato mais prontamente assimilável (celulose entre outros substratos) é decomposto, o material mais recalcitrante (lignina entre outros substratos), por ser de difícil assimilação pelos microrganismos decompositores, permanece na fitomassa e a taxa de decomposição é desacelerada.

A curva de decomposição da lignina apresentou uma perda de aproximadamente 10% aos 30 dias e de 47% aos 150 dias (Figura 7). Esta baixa taxa de decomposição da lignina é explicada por Moreira e Siqueira (2002), que mencionam a alta recalcitrância da lignina em função do seu alto peso molecular e estrutura química tridimensional, que lhe conferem alta estabilidade, tornando a sua degradação por microrganismos muito mais difícil.

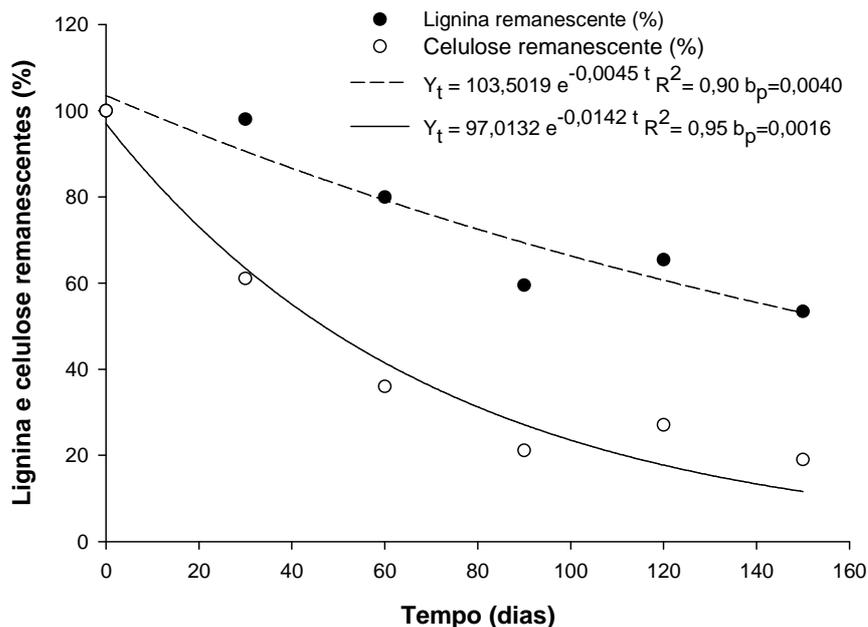


Figura 7. Massa de lignina e celulose remanescente em resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea*, no período de decomposição, em Campos dos Goytacazes - RJ

A curva ajustada para a taxa de liberação do N apresenta aproximadamente aos 50 dias uma perda de 61% e aos 150 dias de 95% (Figura 8). A alta taxa de liberação inicial ocorreu devido ao ataque de microrganismos decompositores, que utilizam o N disponível para o crescimento da população microbiana que vai

degradar a fitomassa. Este nutriente parte de proteínas (maior parte), ácidos nucléicos e muitos outros constituintes celulares, este se encontra mais prontamente disponível à assimilação dos microrganismos, acelerando a taxa de decomposição inicial. Logo que a parte mais assimilável é degradada, a taxa de liberação diminui.

Silva e Menezes (2007) obtiveram, assim como para fitomassa seca da crotalária, uma taxa de liberação de N mais rápida inicialmente, sendo de 44% aos 7 dias, enquanto que, no presente trabalho, apenas 26%, aproximadamente, do N tinha sido liberado no mesmo período. Aos 52 dias restavam, aproximadamente, 16% do N que permaneceu praticamente até o fim da avaliação, aos 82 dias, quando os resultados se aproximaram aos do presente trabalho que foi de 20%.

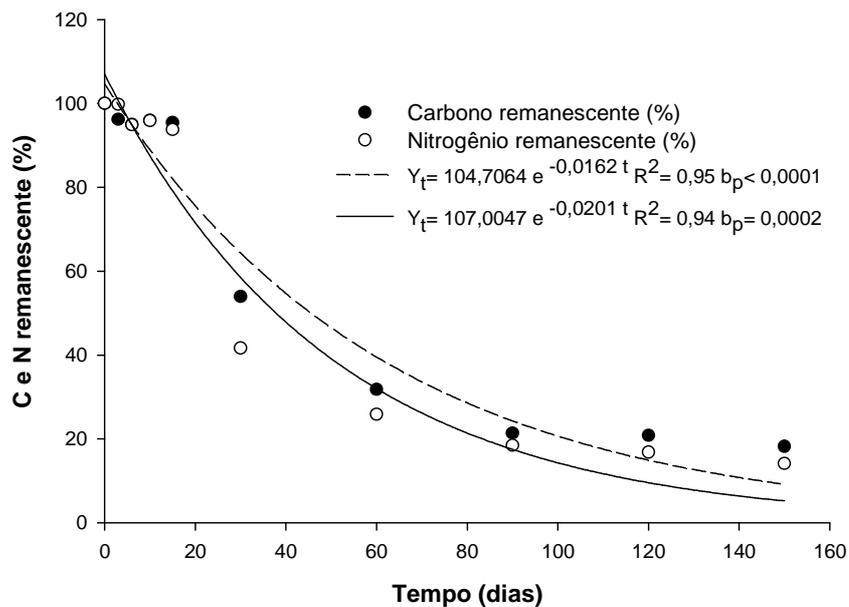


Figura 8. Carbono e Nitrogênio remanescentes em resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea*, ao longo do período de decomposição, em Campos dos Goytacazes - RJ

A taxa de liberação do P foi mais lenta que a do N. Aos 30 dias, aproximadamente, 25% do P havia sido liberado, enquanto o N apresentava 41% de liberação (Figuras 8 e 9). Entre suas funções, o P é responsável pela estabilidade de

membranas, o que pode dificultar sua liberação quando comparado ao N. Aos 150 dias, aproximadamente, 79% do P foi liberado.

A taxa de liberação do K foi acelerada, com liberação de 72% em 30 dias e 96% aos 80 dias (Figura 9). Esta rápida liberação ocorre porque o K não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica na planta. O K encontra-se, predominantemente, como cátion livre e pode, facilmente, ser deslocado das células ou dos tecidos da planta. Resultados similares de liberação de K foram obtidos por Padovan et al. (2006) na decomposição de resíduos da soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento e Silva e Menezes (2007) na decomposição de crotalária.

Quanto à taxa de liberação do S, aos 60 dias foram liberados 51%. A maior parte deste nutriente encontrado nas plantas está nas proteínas e estas, ao serem degradadas por microrganismos, liberam o S (Taiz e Zeiger, 2004). Ao final dos 150 dias 85% do S foram liberados (Figura 9).

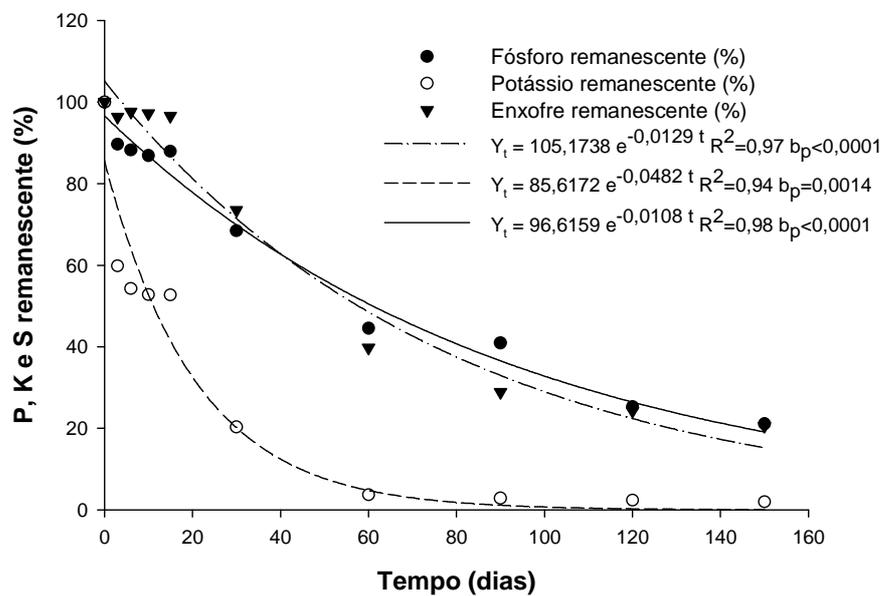


Figura 9. Fósforo, potássio e enxofre remanescentes em resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea*, no período de decomposição, em Campos dos Goytacazes - RJ

As curvas ajustadas para taxa de liberação de Ca e Mg mostram que a perda de Ca é mais lenta do que a do Mg. Ao longo de 60 dias 48% do Ca foi liberado, enquanto que para Mg, no mesmo período, foram liberados 64% e ao término de 150 dias foram liberados 82% do Ca e 93% de Mg (Figura 10). A mineralização mais

lenta do Ca ocorre porque este se encontra, em sua maior parte, firmemente ligada à parede celular e membrana plasmática, o que dificulta sua liberação. Já o Mg por ser móvel na planta e devido às suas funções na ativação enzimática, regulação do pH e balanço cátion-ânion, apresenta liberação mais rápida (Taiz e Zeiger, 2004).

Padovan et al. (2006) ao avaliarem a decomposição de resíduos de soja, e Boer et al. (2007), os de amaranto e milho, obtiveram também uma liberação mais lenta de Ca em relação ao Mg. Muitas funções do Ca estão ligadas à composição estrutural de macromoléculas e relacionadas à sua capacidade de coordenação, o que confere ligações intermoleculares estáveis, mas reversíveis, principalmente nas paredes celulares e na membrana plasmática (Vitti et al., 2006).

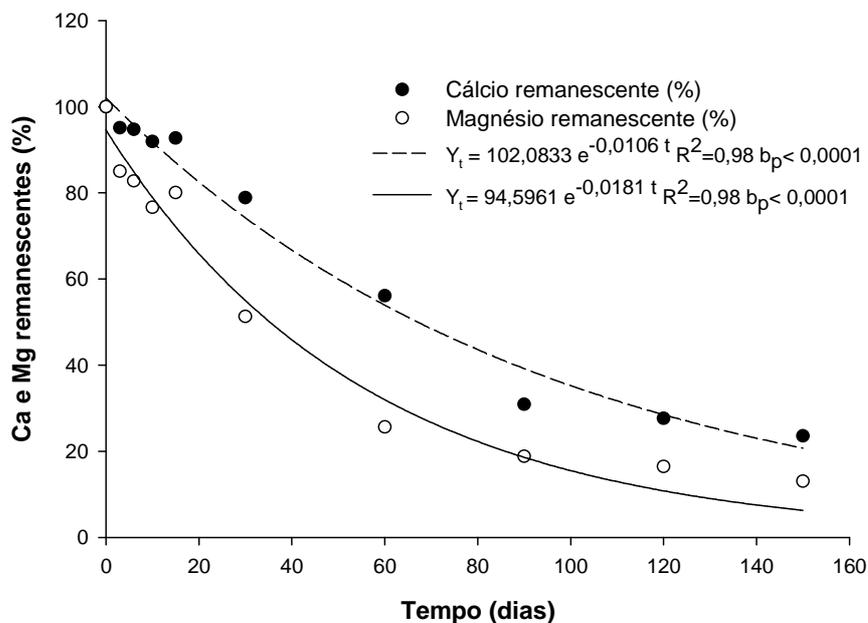


Figura 10. Cálcio e magnésio remanescentes em resíduos da parte aérea de *Crotalaria juncea*, no período de decomposição, em Campos dos Goytacazes - RJ

5.3. Avaliação da atividade enzimática microbiana no solo

5.3.1. Atividade enzimática sob a copa das frutíferas, durante a decomposição da fitomassa da parte aérea da crotalária

Para subsidiar a interpretação dos resultados de atividade enzimática durante a decomposição, são apresentados na Figura 11 os dados de temperatura média e precipitação pluviométrica acumulada, durante os três dias anteriores à coleta das amostras de solo.

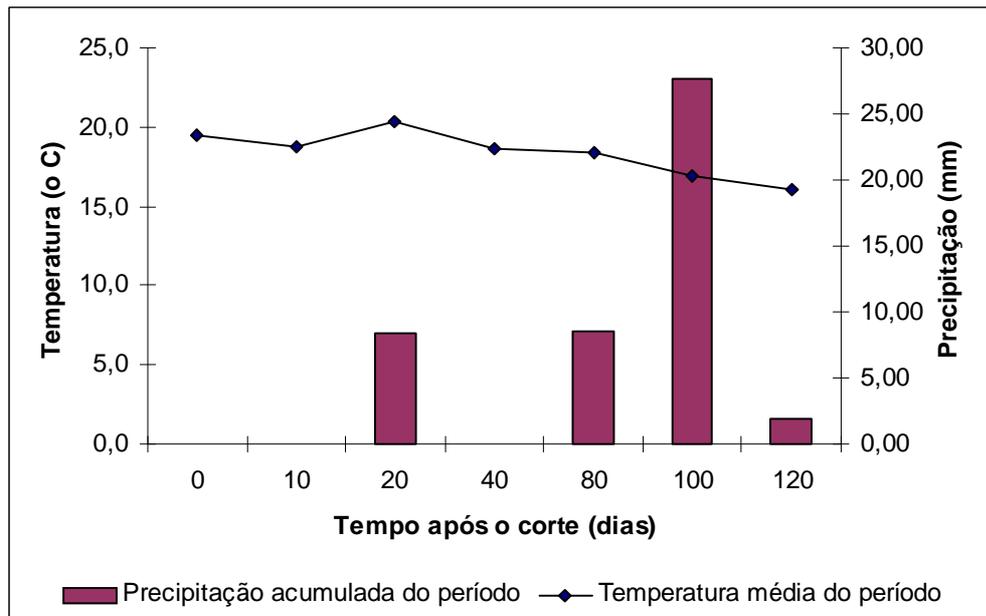


Figura 11. Temperatura média e precipitação pluviométrica acumulada, durante os três dias anteriores à amostragem do solo para análise da atividade enzimática, em Campos dos Goytacazes - RJ, segundo a estação climatológica da Pesagro - Rio

Na Figura 12, observa-se que no momento do corte da crotalária a atividade enzimática do solo sob a copa das frutíferas era maior na área do sistema F, e que, aos 10 dias após a adição dos resíduos da crotalária, a atividade enzimática aumentou nos dois sistemas. O sistema FC apresentou um aumento de 182%, e no sistema F de 25%, embora não exista diferença entre os sistemas. Com relação à precipitação e temperatura, não se observam mudanças que justifiquem o aumento da atividade enzimática.

Diferenças de atividade enzimática sob a copa das frutíferas não foram observadas entre os dois sistemas de produção nas demais coletas. Entretanto, verifica-se uma tendência a maior atividade enzimática sob a copa das frutíferas que

receberam os resíduos de crotalária em todas as coletas de solo durante o período de decomposição.

Aos 54 dias após a deposição dos resíduos de crotalária, provenientes do primeiro corte, sob a copa das frutíferas, foram adicionados os resíduos do segundo corte da crotalária. Na coleta, aos 80 dias após a primeira adição (26 dias após a segunda adição de resíduos), observou-se aumento de, aproximadamente, 25% no sistema de produção FC, enquanto no sistema F o aumento foi de 8%, não existindo diferença entre as áreas.

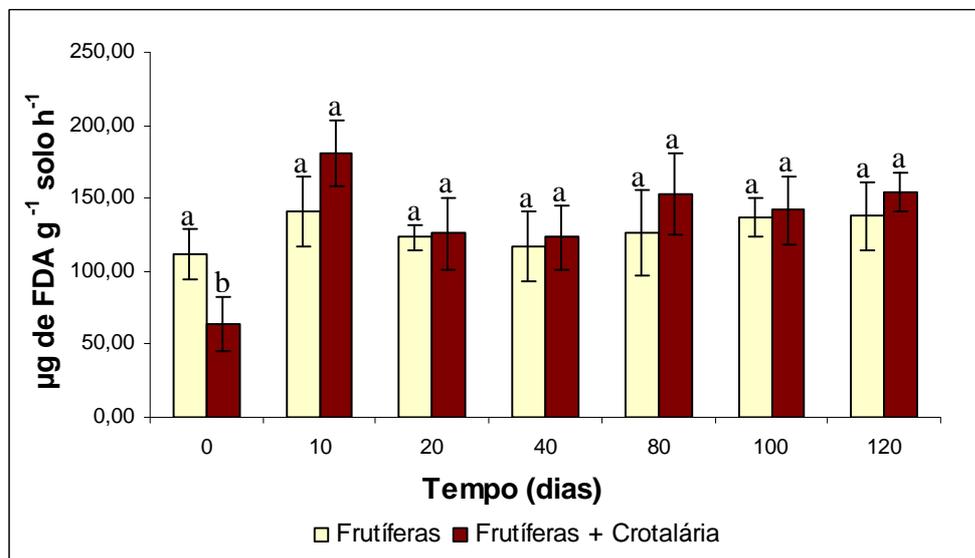


Figura 12. Atividade enzimática microbiana do solo sob a copa das frutíferas ao longo do período de decomposição dos resíduos de *Crotalaria juncea*, em Campos dos Goytacazes - RJ

5.3.2. Atividade enzimática sob a copa do neem

Na Figura 13 são apresentados os dados de atividade enzimática do solo, na estação de seca e na estação chuvosa, sob a copa do neem no sistema FN (não receberam resíduos da parte aérea da crotalária) e no sistema FNC (receberam resíduos da parte aérea da crotalária).

Constatou-se que o sistema FNC apresentou maior atividade enzimática microbiana do solo nas duas estações, sendo significativo apenas na estação seca.

Uma possível explicação é que a adição dos resíduos da crotalária tenha conservado mais a umidade do solo e que este tenha apresentado condições ambientais melhores à ação de microrganismos, mantendo a atividade enzimática durante o período de seca.

Na estação chuvosa, apesar do incremento nos dois sistemas, a diferença na atividade enzimática microbiana foi menor entre os manejos adotados, devido à maior umidade do solo nos dois sistemas de produção e ao maior tempo após a adição dos resíduos de crotalária (um ano após a adição).

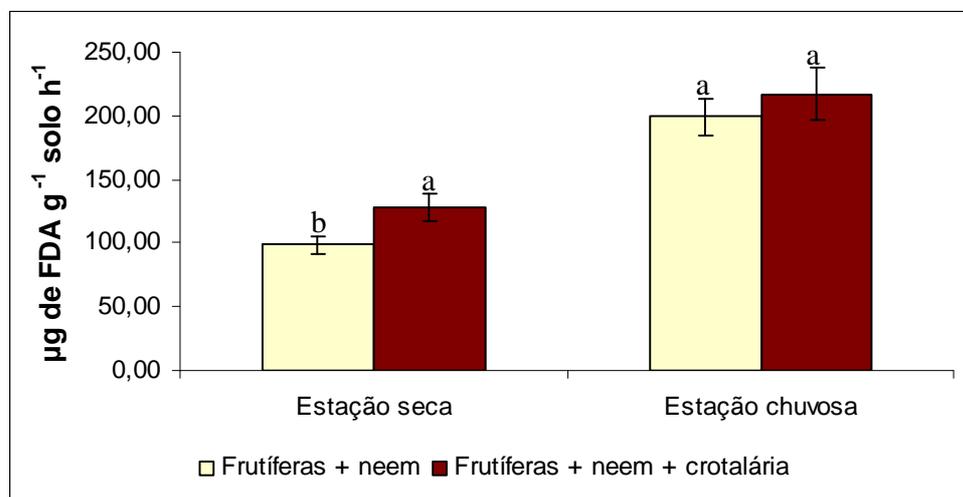


Figura 13. Atividade enzimática microbiana do solo sob a copa de plantas de *Azadirachta indica* em dois sistemas de produção agrícola, em Campos dos Goytacazes - RJ

No município de Umbaúba, Costa e Siqueira (2004) estudaram a atividade enzimática como bioindicadores de diversidade microbiana em solos reflorestados: com 10 espécies nativas da mata atlântica; com nove espécies exóticas; com neem, sucupira e pau-pombo; não reflorestado e sob mata atlântica nativa. Os autores verificaram valores de 118,73; 112,40; 52,63; próximo de zero e 158,56 µg FDA hidrolisada 60 min⁻¹8g⁻¹, respectivamente. Estes valores são menores que os observados neste trabalho, nos dois sistemas de produção na estação chuvosa. Quanto à estação de seca, somente o solo sob mata atlântica nativa apresentou valores maiores de atividade enzimática microbiana que os dois sistemas

implantados neste trabalho. Entretanto, devem-se considerar as diferenças nas condições edafoclimáticas entre os locais de avaliação.

Existem poucos trabalhos que utilizam o método de diacetado de fluoresceína (FDA) para avaliar a atividade enzimática, o que dificulta comparações dos resultados obtidos com outros trabalhos. Além disso, segundo Ribeiro (2008), este método tem-se mostrado sensível a variações da precipitação pluviométrica.

5.4. Análises químicas e físicas do solo

Nas Tabelas 6, 7 e 8 são apresentados os dados referentes à química do solo, nos quatro sistemas de produção, nos anos de 2005 e 2006, em três profundidades. Houve aumento do pH do solo de um ano para o outro em todos os sistemas de produção, nas profundidades de 0-5 e de 5-10 cm, com exceção do sistema FN, onde não houve diferença entre os anos (Tabelas 6 e 7). Esta elevação de pH não se relaciona com o manejo da crotalária, visto que a adubação realizada com o composto orgânico contendo farinha de carne e osso, rica em Ca, que eleva o pH do solo, colaborou para este aumento. Na camada de 10-20 cm houve aumento de pH ao longo do tempo apenas no sistema FNC (Tabela 8). O sistema FN em 2006 apresentou pH menor do que a testemunha, nas camadas de 0-5 e 5-10 cm.

Com relação à diferença no tempo, observou-se redução do N nas profundidades de 0-5 cm no sistema FC (Tabela 6), de 5-10 cm do sistema FN (Tabela 7) e de 10-20 cm do sistema F (Tabela 8). Não foi observada variação de N no solo em função dos tratamentos nas profundidades de 0-5 e de 5-10 cm, o que possivelmente é justificado pela rápida liberação deste nutriente dos resíduos de crotalária que foram adicionados em fevereiro e abril de 2006, com amostragem do solo em outubro de 2006.

Tabela 6. Análise química do solo, na profundidade de 0 a 5 cm, em diferentes sistemas de produção agrícola, em solo de tabuleiro, no município de Campos dos Goytacazes - RJ

Variável	Ano	Sistemas de Produção			
		Testemunha - frutíferas (F)	Frutíferas + neem (FN)	Frutíferas + neem + crotalária (FNC)	Frutíferas + crotalária (FC)
pH (H ₂ O)	2005	5,85 ± 0,14 b	5,47 ± 0,29 a	5,43 ± 0,17 b*	5,57 ± 0,19 b
	2006	6,82 ± 0,24 a	5,69 ± 0,26 a*	6,87 ± 0,60 a	6,68 ± 0,36 a
N _{total} g kg ⁻¹	2005	1,23 ± 0,09 a	1,30 ± 0,13 a	1,25 ± 0,22 a	1,48 ± 0,23 a
	2006	1,12 ± 0,09 a	1,10 ± 0,17 a	1,10 ± 0,11 a	1,07 ± 0,17 b
P mg dm ⁻³	2005	15,14 ± 2,08 b	10,00 ± 0,81 b*	35,86 ± 6,30 b*	22,89 ± 3,53 b*
	2006	132,99 ± 40,8 a	81,00 ± 12,41 a	93,81 ± 5,25 a	89,28 ± 8,49 a
K cmol _c dm ⁻³	2005	0,06 ± 0,01 b	0,14 ± 0,04 a*	0,07 ± 0,01 b	0,08 ± 0,02 b
	2006	0,12 ± 0,01 a	0,12 ± 0,02 a	0,16 ± 0,02 a*	0,20 ± 0,02 a*
Ca cmol _c dm ⁻³	2005	2,13 ± 0,33 a	2,66 ± 0,48 a	2,62 ± 0,24 a	1,53 ± 0,12 b*
	2006	2,34 ± 0,24 a	2,27 ± 0,14 a	2,68 ± 0,23 a	1,93 ± 0,19 a
Mg cmol _c dm ⁻³	2005	1,18 ± 0,05 a	1,24 ± 0,26 a	1,25 ± 0,24 a	0,96 ± 0,13 a*
	2006	0,68 ± 0,13 b	0,75 ± 0,05 b	0,87 ± 0,07 b	0,91 ± 0,10 a
H + Al cmol _c dm ⁻³	2005	0,87 ± 0,10 a	2,43 ± 0,42 a*	2,28 ± 0,42 a*	1,27 ± 0,19 a*
	2006	0,36 ± 0,10 b	1,22 ± 0,13 b*	0,18 ± 0,07 b*	0,16 ± 0,05 b*
MO (%)	2005	2,09 ± 0,21 a	1,70 ± 0,30 a	2,12 ± 0,20 a	1,44 ± 0,11 a*
	2006	1,61 ± 0,14 b	1,26 ± 0,15 a*	1,40 ± 0,11 b	1,25 ± 0,09 a*
SB cmol _c dm ⁻³	2005	3,42 ± 0,33 a	4,02 ± 0,82 a	4,02 ± 0,39 a	2,64 ± 0,71 a
	2006	3,44 ± 0,34 a	3,31 ± 0,65 a	3,89 ± 1,31 a	3,44 ± 1,07 a
CTC cmol _c dm ⁻³	2005	4,29 ± 0,18 a	6,45 ± 0,98 a*	6,30 ± 1,13 a*	3,91 ± 0,74 a
	2006	3,81 ± 0,27 b	4,52 ± 1,25 a	4,06 ± 0,33 b	3,60 ± 0,80 a
V(%)	2005	79,64 ± 3,75 b	62,33 ± 6,84 b*	63,82 ± 5,32 b*	67,40 ± 15,94 b
	2006	90,50 ± 2,56 a	73,08 ± 2,98 a*	95,64 ± 1,39 a*	95,56 ± 2,12 a*

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna e variável, não diferem entre si pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade (n = 6); * Média difere da média da testemunha, na mesma linha, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 7. Análise química do solo, na profundidade de 5 a 10 cm, em diferentes sistemas de produção agrícola, em solo de tabuleiro, no município de Campos dos Goytacazes - RJ

Variável	Ano	Sistemas de Produção			
		Testemunha - frutíferas (F)	Frutíferas + neem (FN)	Frutíferas + neem + crotalária (FNC)	Testemunha - frutíferas (F)
pH (H ₂ O)	2005	5,59 ± 0,20 b	5,35 ± 0,25 a	5,32 ± 0,18 b	5,48 ± 0,21 b
	2006	6,48 ± 0,27 a	5,46 ± 0,30 a*	6,63 ± 0,44 a	6,92 ± 0,47 a
N _{total} g kg ⁻¹	2005	1,24 ± 0,20 a	1,24 ± 0,19 a	0,95 ± 0,20 a	1,24 ± 0,09 a
	2006	0,98 ± 0,09 a	0,82 ± 0,08 b	0,87 ± 0,13 a	1,03 ± 0,20 a
P mg dm ⁻³	2005	15,45 ± 1,93 b	7,75 ± 0,67 b*	14,98 ± 3,83 b	15,31 ± 2,33 b
	2006	59,02 ± 20,48 a	34,05 ± 8,53 a	90,38 ± 27,27 a	39,43 ± 5,05 a
K cmol _c dm ⁻³	2005	0,05 ± 0,01 a	0,04 ± 0,01 a	0,05 ± 0,01 b	0,08 ± 0,01 a*
	2006	0,05 ± 0,02 a	0,05 ± 0,01 a	0,13 ± 0,03 a*	0,08 ± 0,02 a
Ca cmol _c dm ⁻³	2005	2,26 ± 0,66 a	2,59 ± 0,54 a	2,87 ± 0,68 a	1,60 ± 0,23 a
	2006	2,09 ± 0,39 a	2,06 ± 0,15 a	2,51 ± 0,30 a	1,59 ± 0,20 a
Mg cmol _c dm ⁻³	2005	1,10 ± 0,07 a	1,00 ± 0,16 a	1,07 ± 0,20 a	0,84 ± 0,17 a*
	2006	0,61 ± 0,11 b	0,68 ± 0,05 b	0,66 ± 0,07 b	0,66 ± 0,07 a
H + Al cmol _c dm ⁻³	2005	1,54 ± 0,38 a	2,13 ± 0,26 a	2,26 ± 0,18 a*	1,36 ± 0,10 a
	2006	0,44 ± 0,08 b	1,00 ± 0,17 b*	0,61 ± 0,07 b*	0,55 ± 0,10 b
MO (%)	2005	2,14 ± 0,35 a	1,58 ± 0,14 a*	1,88 ± 0,43 a	1,57 ± 0,13 a*
	2006	1,47 ± 0,14 b	1,22 ± 0,05 b*	1,18 ± 0,08 b*	1,17 ± 0,10 b*
SB cmol _c dm ⁻³	2005	3,46 ± 0,40 a	3,72 ± 0,50 a	4,06 ± 0,51 a	2,58 ± 0,57 a
	2006	2,87 ± 0,46 b	2,91 ± 0,40 a	3,52 ± 0,22 a	2,61 ± 0,74 a
CTC cmol _c dm ⁻³	2005	5,00 ± 1,24 a	5,85 ± 0,74 a	6,32 ± 0,92 a	3,94 ± 0,92 a
	2006	3,31 ± 0,41 b	3,90 ± 0,42 b	4,14 ± 0,29 b*	3,16 ± 0,63 a
V(%)	2005	69,14 ± 16,78 b	63,57 ± 3,62 b	64,24 ± 3,94 b	65,46 ± 3,88 b
	2006	86,66 ± 5,48 a	74,46 ± 3,93 a*	85,14 ± 2,10 a	82,51 ± 1,44 a

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna e variável, não diferem entre si pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade (n = 6); * Média difere da média da testemunha, na mesma linha, em nível de 5% de probabilidade.

Tabela 8. Análise química do solo, na profundidade de 10 a 20 cm, em diferentes sistemas de produção agrícola, em solo de tabuleiro, no município de Campos dos Goytacazes - RJ

Variável	Ano	Sistemas de Produção			
		Testemunha - frutíferas (F)	Frutíferas + neem (FN)	Frutíferas + neem + crotalária (FNC)	Frutíferas + crotalária (FC)
pH (H ₂ O)	2005	5,48 ± 0,22 a	5,18 ± 0,25 a	5,46 ± 0,09 b	5,91 ± 0,30 a
	2006	5,68 ± 0,50 a	4,97 ± 0,35 a	6,11 ± 0,54 a	5,98 ± 0,29 a
N _{total} g kg ⁻¹	2005	1,27 ± 0,04 a	0,95 ± 0,20 a*	1,00 ± 0,19 a*	1,04 ± 0,12 a*
	2006	0,82 ± 0,08 b	1,20 ± 0,21 a*	0,92 ± 0,08 a	0,84 ± 0,09 a
P mg dm ⁻³	2005	14,90 ± 2,26 b	8,40 ± 1,27 b*	10,30 ± 2,07 b*	18,53 ± 3,66 b
	2006	27,60 ± 8,82 a	15,96 ± 3,24 a	57,49 ± 13,38 a*	28,48 ± 4,87 a
K cmol _c dm ⁻³	2005	0,06 ± 0,00 a	0,04 ± 0,01 a*	0,03 ± 0,01 b*	0,07 ± 0,01 a
	2006	0,02 ± 0,00 b	0,04 ± 0,01 a*	0,06 ± 0,01 a*	0,05 ± 0,01 a*
Ca cmol _c dm ⁻³	2005	2,05 ± 0,79 a	1,71 ± 0,33 a	2,40 ± 0,29 a	1,65 ± 0,25 a
	2006	1,90 ± 0,32 a	1,93 ± 0,24 a	2,45 ± 0,28 a	1,30 ± 0,08 b*
Mg cmol _c dm ⁻³	2005	1,10 ± 0,10 a	0,84 ± 0,15 a*	1,05 ± 0,10 b	0,86 ± 0,16 a*
	2006	0,86 ± 0,10 b	1,04 ± 0,13 a	1,36 ± 0,08 a*	0,66 ± 0,07 a
H + Al cmol _c dm ⁻³	2005	1,72 ± 0,33 a	2,18 ± 0,31 a	2,95 ± 0,38 a*	1,24 ± 0,21 a
	2006	0,96 ± 0,18 b	1,15 ± 0,16 b	0,67 ± 0,16 b	0,86 ± 0,15 b
MO (%)	2005	1,86 ± 0,32 a	1,65 ± 0,19 a*	1,72 ± 0,16 a	1,56 ± 0,05 a
	2006	1,24 ± 0,14 b	1,05 ± 0,03 b*	1,18 ± 0,07 b	1,07 ± 0,07 b
SB cmol _c dm ⁻³	2005	3,26 ± 0,23 a	2,68 ± 0,46 a	3,55 ± 0,36 a	2,65 ± 0,41 a
	2006	2,58 ± 0,33 b	2,71 ± 0,32 a	3,19 ± 0,27 a*	2,05 ± 0,11 b*
CTC cmol _c dm ⁻³	2005	4,98 ± 0,27 a	4,85 ± 0,58 a	6,50 ± 1,77 a	3,89 ± 1,02 a
	2006	3,53 ± 0,20 b	3,86 ± 0,90 a	3,86 ± 0,11 b*	2,90 ± 0,35 a*
V(%)	2005	65,46 ± 4,63 a	55,19 ± 4,43 a*	54,61 ± 4,90 b*	68,09 ± 16,45 a
	2006	72,91 ± 8,73 a	70,15 ± 14,99 a	82,69 ± 4,63 a	70,45 ± 4,86 a

Médias seguidas de letras iguais, na mesma coluna e variável, não diferem entre si pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade (n = 6); * Média difere da média da testemunha, na mesma linha, em nível de 5% de probabilidade.

Na profundidade de 10-20 cm, em 2005, todos os sistemas apresentaram teores de N menores ao da testemunha, mas em 2006, após o cultivo da crotalária os valores igualaram-se aos da testemunha, contudo o sistema FN, sem crotalária, apresentou valores maiores que a testemunha, devido tanto ao aumento do N observado neste sistema, quanto à redução na testemunha, neste período.

A quantidade de P aumentou de 2005 para 2006 em todos os sistemas de produção devido à aplicação do composto rico neste nutriente, com redução das médias na medida em que a profundidade aumenta, devido a pouca mobilidade deste nutriente no solo. Em 2005 o sistema FN apresentava valores menores que a testemunha em todas as profundidades, e os sistemas FNC e FC valores maiores na profundidade de 0-5 cm, entretanto com o aumento do P no ano de 2006 tais diferenças não foram observadas (Tabelas 6, 7 e 8).

Quanto aos valores médios de K, observou-se aumento de 2005 para 2006, em todas as profundidades no sistema FNC e na profundidade de 0-5 cm do sistema F (testemunha) e FC. Quando comparado à testemunha, o sistema FNC em todas as profundidades e o sistema FC nas profundidades de 0-5 e 10-20 cm foram significativamente maiores em 2006, o que possivelmente ocorreu devido à adubação verde com crotalária. Alcântara et al. (2000) também verificaram aumento do K no solo que recebeu adubação verde com crotalária, em comparação a uma área de pastagem degradada.

Com relação ao Ca não foi observada variação significativa nos sistemas de 2005 para 2006, exceto para o sistema FC que apresentou aumento na profundidade de 0-5 cm e redução na de 10-20 cm. Em comparação com a testemunha, somente o sistema FC diferiu, sendo menor na profundidade de 0-5 cm em 2005, antes do plantio da crotalária (Tabela 6), o que não foi observado em 2006, em função do aumento deste nutriente ao longo do tempo. Esse aumento foi observado apenas no sistema com maior deposição de fitomassa.

Do ano de 2005 para 2006 verificou-se redução de Mg nos sistemas de produção nas três profundidades (Tabelas 6, 7 e 8), com exceção do sistema FC.

As médias de Mg no sistema FC em 2005 foram significativamente menores em comparação à testemunha em todas as profundidades e, em 2006, estas não diferiram. Observa-se que a alta produção de fitomassa colaborou na manutenção

dos níveis deste nutriente. Menegucci et al. (1995) e Alcântara et al. (2000) verificaram aumento de Mg no solo, após adubação verde com crotalária.

Verificou-se que a acidez potencial (H+Al) foi reduzida em todos os sistemas de produção de 2005 para 2006, que condiz com os resultados de elevação do pH. Como H+Al do solo foi reduzido em todos os sistemas de produção nestes períodos, a CTC foi influenciada e reduzida também. Os sistemas FNC e FC apresentavam valores maiores de H+Al que a testemunha em 2005 e no ano seguinte esses valores foram menores, como resultado da adubação verde. A redução da H+Al do solo após adubação verde com crotalária também foi observado por Menegucci et al. (1995).

Com relação à matéria orgânica (MO), observou-se redução em todos os sistemas de produção de 2005 para 2006, o que contribuiu para redução da CTC do solo nos sistemas. Entretanto, a redução não foi significativa nos sistemas FN e FC na profundidade de 0-5 cm do solo.

Na comparação dos sistemas com a testemunha, nenhum dos manejos adotados elevou a MO em comparação com a testemunha e o sistema FC, que já apresentava menor quantidade de MO em 2005, mesmo com elevada deposição de fitomassa, manteve-se com valores inferiores à área da testemunha em 2006. Menegucci et al. (1995) verificaram que a CTC e a MO do solo aumentaram após a adubação verde com a crotalária, resultados não observados no presente trabalho.

Entretanto, Mendonça et al. (2001) mencionam que as quantificações das mudanças ocorridas em alguns nutrientes no solo, como o C orgânico, utilizado para calcular a MO do solo, não devem ser feitas precocemente, visto que é considerada improvável a percepção de modificações em um prazo inferior a três anos.

A soma de bases (SB) não diferiu nos sistemas entre 2005 e 2006, exceto para o sistema F (testemunha) que apresentou redução nas profundidades de 05-10 e 10-20 cm, e no sistema FC de 10-20 cm. Os sistemas consorciados contribuíram com a manutenção da SB ao longo do tempo. Na comparação dos sistemas com a testemunha, não houve efeito dos tratamentos nas profundidades de 0-5 e de 5-10 cm (Tabela 8).

Como percentagem de saturação de bases (V) é a SB expressa como percentagem de CTC, esta aumentou com a redução do CTC do solo de 2005 para 2006, com resultados não significativos nos sistemas F, FN e FC na profundidade de

10-20 cm. Os valores dos sistemas FNC e FC foram maiores que os da testemunha na profundidade de 0-5 cm em 2006, o que mostra o efeito da adubação verde nestas áreas (Tabelas 6, 7 e 8). Alcântara et al. (2000) também verificaram aumento da saturação de bases com adubação verde de crotalária em relação a uma área degradada com *Brachiaria decumbens* Stapf.

De forma geral, foram poucas as alterações nas características químicas do solo em função dos diferentes sistemas de produção implantados no pomar, o que é explicado pelo pouco tempo de manejo dos sistemas. Entretanto, pode-se inferir que adubação verde com a crotalária aumentou o K e reduziu o H+Al nos dois sistemas de produção, colaborou na manutenção dos níveis de Ca e Mg no sistema FC e aumentou os valores de V na profundidade de 0-5 cm nos dois sistemas.

Os sistemas de produção avaliados não diferiram com relação à densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm (Tabela 9). Resultados estes esperados, já que o tempo de manejo dos sistemas foi curto e atributos físicos do solo não são facilmente alterados.

Tabela 9. Propriedades físicas do solo em diferentes sistemas de produção agrícola, aos 46 meses após o plantio das frutíferas, em Campos dos Goytacazes - RJ

Sistema de produção	Prof. (cm)	Densidade de partícula	Densidade do solo	Porosidade total	Microporosidade	Macroporosidade
		-----mg m ⁻³ -----	-----m ³ m ⁻³ -----			
Frutíferas (testemunha)	0-5	2,475	1,56 ± 0,07	0,37 ± 0,03	0,23 ± 0,02	0,14 ± 0,04
	5-10	2,471	1,64 ± 0,06	0,34 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,11 ± 0,03
Frutíferas + Neem	0-5	2,561	1,53 ± 0,11	0,40 ± 0,04	0,21 ± 0,01	0,19 ± 0,05
	5-10	2,426	1,65 ± 0,06	0,32 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,10 ± 0,02
Frutíferas + Neem + Crotalária	0-5	2,492	1,47 ± 0,14	0,41 ± 0,06	0,20 ± 0,04	0,21 ± 0,06
	5-10	2,476	1,62 ± 0,06	0,35 ± 0,02	0,21 ± 0,03	0,14 ± 0,04
Frutíferas + Crotalária	0-5	2,495	1,46 ± 0,13	0,41 ± 0,05	0,21 ± 0,02	0,22 ± 0,05
	5-10	2,466	1,64 ± 0,11	0,34 ± 0,05	0,20 ± 0,02	0,15 ± 0,04

5.5. Crescimento e estado nutricional das frutíferas e do neem

5.5.1. Crescimento e estado nutricional das mangueiras

O crescimento em altura das mangueiras não diferiu entre os sistemas de produção estudados em nenhuma medição (Figura 14). Entretanto, apesar de não significativo observou-se que o sistema de produção F apresentou valores médios de altura menores que os demais sistemas a partir da medição aos 31 meses após o plantio.

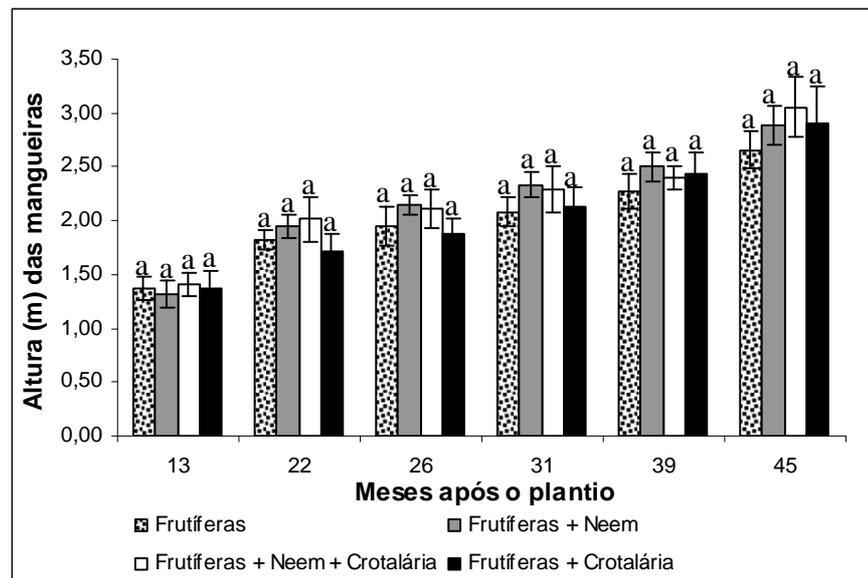


Figura 14. Altura de *Mangifera Indica* L. em diferentes sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes - RJ

Com relação ao crescimento em diâmetro à altura do solo (DAS), observou-se que, inicialmente, as plantas não apresentavam diferenças entre os sistemas e que aos 22 e 26 meses após o plantio, as mangueiras, dos sistemas F apresentaram médias menores que o sistema FN e FNC (Figura 15).

Nas medições realizadas após a adubação verde constatou-se crescimento maior em DAC nas mangueiras do sistema FNC e, principalmente, nas do sistema FC (Figura 15). Na última avaliação as mangueiras do sistema FC apresentaram médias maiores do que a testemunha, não diferindo dos demais sistemas. As frutíferas deste

sistema receberam quantidades maiores de nutrientes na adubação verde, o que, possivelmente, influenciou no maior crescimento das mangueiras.

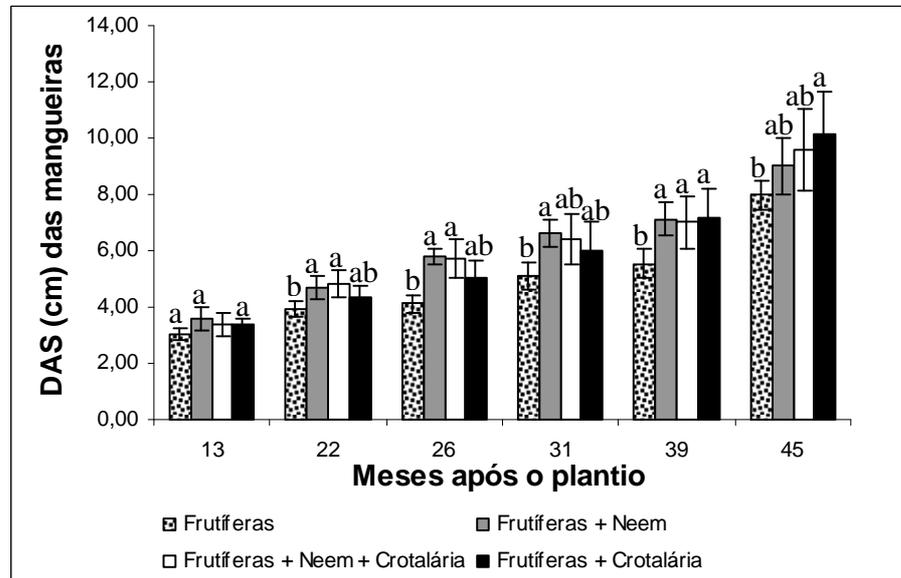


Figura 15. Diâmetro à altura do solo de *Mangifera Indica* L. em diferentes sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes - RJ

Na Tabela 10, são apresentadas as análises nutricionais das mangueiras dos quatro sistemas de produção. A faixa dos teores adequados de nutrientes nas folhas desta frutífera, segundo Assis (2004), são de 12 a 14 g kg⁻¹ de N; 0,8 a 1,6 g kg⁻¹ de P; 5 a 10 g kg⁻¹ de K; 20 a 35 g kg⁻¹ de Ca; 2,5 a 5,0 g kg⁻¹ de Mg; 0,8 a 1,8 g kg⁻¹ de S; 50 a 200 mg kg⁻¹ de Fe; 50 a 200 mg kg⁻¹ de Mn e 20 a 40 mg kg⁻¹ de Zn. Comparando os teores médios dos nutrientes dos sistemas de produção do presente trabalho com os resultados deste autor, observa-se que o N e o Zn encontram-se abaixo e que todos os demais nutrientes estão dentro da faixa adequada.

Medeiro et al. (2005) avaliaram a concentração de nutrientes nas folhas de mangueiras 'Tommy Atkins' em três plantios, na fase de pré-floração, a mesma fase de avaliação do presente trabalho, também observando maiores teores de N e Zn, na faixa de 11,5 a 12,9 g kg⁻¹ e 18 a 96 mg kg⁻¹, respectivamente. Ainda comparando os teores de nutrientes destes autores, observa-se que os demais nutrientes do presente trabalho estão dentro das faixas de teores observados.

Tabela 10. Análise nutricional foliar de *Mangifera Indica* L., em diferentes sistemas de produção agrícola, aos 45 meses após o plantio, em Campos dos Goytacazes - RJ

Nutriente	Sistema de produção			
	Testemunha - frutíferas (F)	Frutíferas + neem (FN)	Frutíferas + neem + crotalária (FNC)	Frutíferas + crotalária (FC)
N (g kg ⁻¹)	9,62 ± 0,23	9,32 ± 0,83	10,94 ± 0,52*	10,85 ± 0,53*
P (g kg ⁻¹)	1,09 ± 0,11	1,05 ± 0,06	1,58 ± 0,17*	1,14 ± 0,08
K (g kg ⁻¹)	9,93 ± 0,69	10,63 ± 0,46	7,49 ± 0,99*	6,49 ± 0,59
Ca (g kg ⁻¹)	24,08 ± 1,59	22,95 ± 1,37	25,45 ± 1,36	24,32 ± 1,87
Mg (g kg ⁻¹)	3,23 ± 0,36	3,11 ± 0,46	3,32 ± 0,30	3,50 ± 0,23
S (g kg ⁻¹)	1,79 ± 0,09	1,78 ± 0,15	1,96 ± 0,14	1,74 ± 0,07
Fe (mg kg ⁻¹)	136,63 ± 11,29	135,15 ± 11,25	203,20 ± 20,79*	182,37 ± 15,70*
Mn (mg kg ⁻¹)	102,18 ± 16,40	142,10 ± 12,24*	129,10 ± 17,75	97,47 ± 13,60
Zn (mg kg ⁻¹)	13,89 ± 1,38	14,32 ± 1,84	15,94 ± 1,51	14,60 ± 0,90

* Média difere da média da testemunha, na mesma linha, em nível de 5% de probabilidade.

Nos sistemas FNC e FC os teores médios de N foram significativamente maiores do que os da testemunha, o que possivelmente ocorreu em função da adubação verde nestes sistemas, que aumentou a disponibilidade deste nutriente para plantas, apesar da análise de solo não ter indicado maior quantidade deste nutriente nestes sistemas, o que pode ser justificado pela alta mobilidade no solo. Estes teores médios mais elevados de N, possivelmente, justificam o maior incremento em altura e DAC (Figuras 14 e 15) das mangueiras após a adubação verde nestes sistemas.

Observou-se que as mangueiras do sistema de produção FNC e FC apresentaram teores médios menores de K em comparação com o teor médio da testemunha, entretanto estas médias encontram-se dentro da faixa adequada deste nutriente em mangueiras. Esperava-se que os teores fossem maiores nestes sistemas, já que receberam adubação verde e a análise química do solo de 2006 apresentou quantidades maiores de K em relação à testemunha (Tabela 6).

Com relação aos teores de Ca, Mg, S e Zn, não foram observadas diferenças entre os sistemas de produção. Para os teores de Fe observaram-se maiores valores nos sistemas que receberam adubação verde em comparação aos demais sistemas (Tabela 10).

5.5.2. Crescimento e estado nutricional das gravioleiras

O crescimento em altura das gravioleiras nos diferentes sistemas de produção apresentou resultados semelhantes ao observado nas mangueiras, não diferindo entre os sistemas de produção em nenhuma das seis medições (Figura 16).

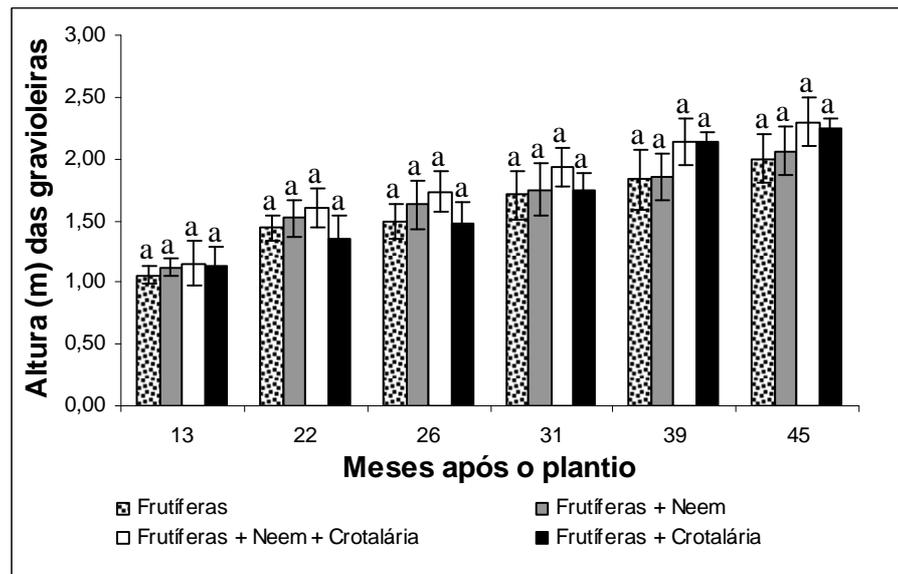


Figura 16. Altura de *Annona muricata* L. em diferentes sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes – RJ

Com relação ao DAS, foram observadas diferenças apenas nas medições aos 22 e 26 meses, quando as gravioleiras do sistema FNC apresentavam maior diâmetro que as gravioleiras da testemunha (Figura 17). As gravioleiras dos sistemas FNC e FC apresentaram tendência a maior crescimento em altura e diâmetro após a adubação verde, sendo os valores médios maiores do que os demais sistemas aos 39 e 45 meses, entretanto estes resultados não diferiram entre os sistemas.

Na Tabela 11 são apresentados as análises nutricionais das gravioleiras nos diferentes sistemas de produção, verificando-se que não houve diferença entre os teores foliares de macronutrientes entre os sistemas de produção, exceto para o Mg, cujo teor foi maior no sistema FC. Quanto aos micronutrientes, foram observados maiores teores de Fe e Zn no sistema FC, e de Mn no sistema FNC em relação à testemunha.

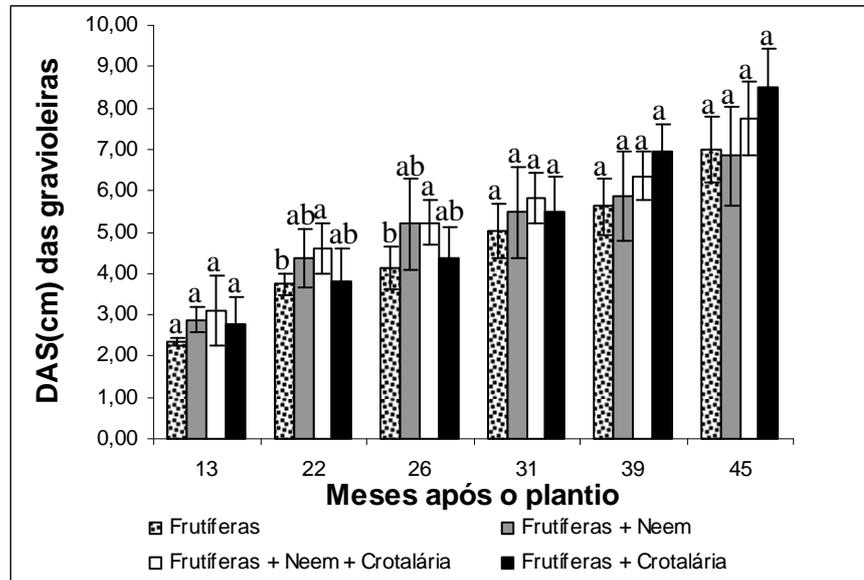


Figura 17. Diâmetro à altura do solo de *Annona muricata* L. em diferentes sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes - RJ

Tabela 11. Análise nutricional foliar de *Annona muricata* L. em diferentes sistemas de produção agrícola, aos 45 meses após o plantio, em Campos dos Goytacazes - RJ

Nutriente	Sistema de produção			
	Testemunha - frutíferas (F)	Frutíferas + neem (FN)	Frutíferas + neem + crotalária (FNC)	Frutíferas + crotalária (FC)
N (g kg^{-1})	13,40 ± 1,36	13,84 ± 0,40	13,76 ± 0,52	13,06 ± 1,44
P (g kg^{-1})	1,49 ± 0,15	1,58 ± 0,12	1,77 ± 0,20	1,66 ± 0,18
K (g kg^{-1})	7,74 ± 0,92	9,46 ± 1,60	9,15 ± 1,25	8,51 ± 0,86
Ca (g kg^{-1})	23,00 ± 2,30	21,67 ± 1,01	24,85 ± 2,59	23,64 ± 2,02
Mg (g kg^{-1})	3,39 ± 0,32	3,21 ± 0,22	3,30 ± 0,23	4,13 ± 0,28*
S (g kg^{-1})	1,73 ± 0,10	1,74 ± 0,09	1,81 ± 0,10	1,66 ± 0,05
Fe (mg kg^{-1})	160,21 ± 32,81	151,95 ± 18,23	229,72 ± 42,45	234,49 ± 15,20*
Mn (mg kg^{-1})	19,54 ± 2,93	22,22 ± 3,02	27,01 ± 4,20*	23,92 ± 4,70
Zn (mg kg^{-1})	10,25 ± 0,72	9,84 ± 0,42	11,08 ± 0,62	11,52 ± 0,22*

* Média difere da média da testemunha, na mesma linha, em nível de 5% de probabilidade.

Segundo Viégas e Frazão (2004), os teores foliares adequados de nutrientes em gravioleiras encontram-se acima de $14,30 \text{ g kg}^{-1}$ para o N; de $0,8$ a $1,0 \text{ g kg}^{-1}$ para o P; de $11,90$ a $13,10 \text{ g kg}^{-1}$ para o K; de $12,85$ a $15,71 \text{ g kg}^{-1}$ para o Ca; de $3,23$ a $3,96 \text{ g kg}^{-1}$ para o Mg; de $3,88$ a $5,96 \text{ g kg}^{-1}$ para o S. Os teores de N, K e S das

gravioleiras nos quatro sistemas foram menores, os de P e Ca foram maiores e os de Mg encontram-se dentro da faixa adequada descrita pelos autores. Entretanto, somente os teores de S indicam deficiência nutricional, segundo os mesmos autores.

Ao comparar os teores de S das gravioleiras do presente trabalho com os teores foliares obtidos no trabalho de Batista et al. (2003), que foram de $5,32 \text{ g Kg}^{-1}$ no tratamento com todos os nutrientes e $2,30 \text{ g Kg}^{-1}$ no tratamento com omissão deste nutriente, observa-se que os teores do presente trabalho foram mais baixos do que o tratamento com omissão de S, indicando uma possível carência deste nutriente em todos os sistemas de produção. Entretanto, Filho et al. (2006) observaram teores foliares de 1,6 a $2,5 \text{ g Kg}^{-1}$ de S e sem a presença de sintomas de deficiência deste nutriente.

Segundo Filho et al. (2006), as gravioleiras absorvem nutrientes na seguinte ordem decrescente: N, K, Ca, Mg, S e P, ordem esta que tem a posição do Mg e S invertidas nos trabalhos de Batista et al. (2003) e Viégas e Frazão (2004). No presente trabalho, observou-se ordem semelhante dos teores foliares das gravioleiras para todos os sistemas de produção, sendo o Ca o nutriente de maior teor, seguido, em ordem decrescente, pelo N, K, Mg, S e P.

Ao comparar os teores foliares de gravioleira, variedade morada, obtidos por Gazel Filho et al. (1997), cujos teores foram de $22,1 \text{ g kg}^{-1}$ de N, $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ de P, $15,2$ de K, $15,2 \text{ g kg}^{-1}$ de Ca, $2,1 \text{ g kg}^{-1}$ de Mg, $215,18 \text{ mg kg}^{-1}$ de Fe, $12,32 \text{ mg kg}^{-1}$ de Zn e $21,46 \text{ g kg}^{-1}$ de Mn, observa-se que o presente trabalho apresentou valores mais baixos de N, K, Fe, Mn e Zn. Os menores teores de K nos sistemas, possivelmente, ocorreram devido à maior concentração de Ca e Mg no solo (Tabelas 7, 8 e 9), que diminuem a absorção do K.

5.5.3. Crescimento e estado nutricional do neem

A altura média das plantas de neem do sistema de produção FN foi superior, quando comparada à média obtida no sistema de produção FNC, até os 12 meses de idade. A partir dos 24 meses o sistema de produção FNC se destacou, apresentando plantas com maior altura, diferença esta que aumentou aos 30 meses (Figura 18).

Como a semeadura e a posterior decomposição da fitomassa da crotalária ocorreram entre os 12 e 18 meses após o plantio do neem, possivelmente as plantas do sistema de produção FNC se beneficiaram da maior disponibilidade de nutrientes (Tabela 5), o que acarretou em maior crescimento em altura após os 24 meses (Figura 18). Entretanto, não se observaram alterações entre os solos dos dois sistemas quanto ao N (Tabelas 6, 7 e 8).

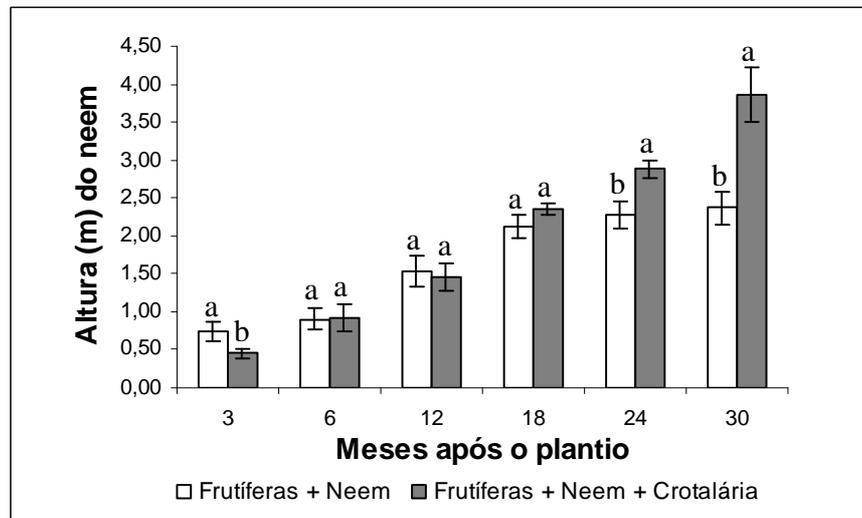


Figura 18. Altura de *Azadirachta indica* A. Juss em diferentes sistemas de produção em Campos dos Goytacazes - RJ

Em relação ao diâmetro à altura do solo (DAS) das plantas de neem, comportamento semelhante ao observado na altura foi obtido, verificando-se que, nas medições a partir dos 18 meses, o sistema FNC apresentou gravioleiras com tendência a maior crescimento em diâmetro, comparadas às do sistema FN. As diferenças entre os dois sistemas também aumentaram ao longo do tempo, sendo maiores 20% aos 18 meses, 32% aos 24 meses e 66% aos 30 meses, com diferença significativa somente aos 30 meses (Figura 19). O manejo de adubação verde com crotalária beneficiou o crescimento inicial das plantas de neem no campo.

Deve-se ressaltar a carência de trabalhos que informem a altura e o DAS em plantas de neem ao longo do seu crescimento. Neves et al. (2003) mencionaram que a planta chega a atingir 1,5 m em um ano, valor este compatível com os dois sistemas de produção do presente trabalho (Tabela 18).

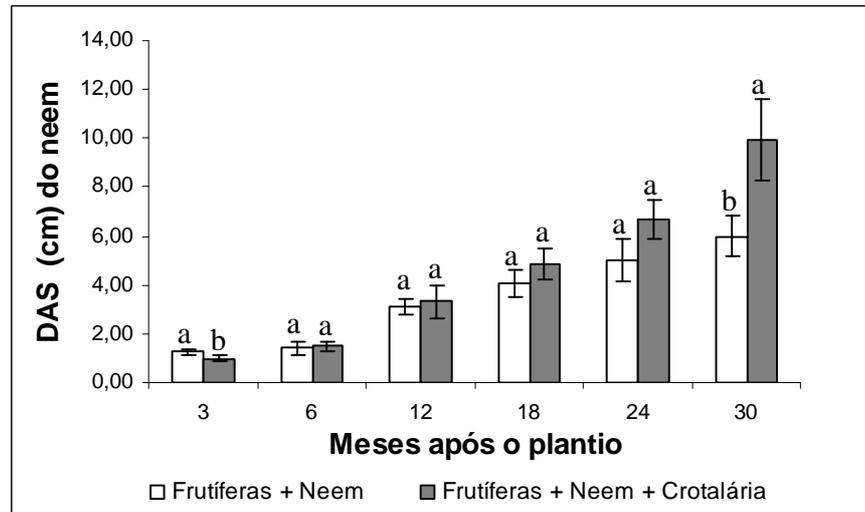


Figura 19. Diâmetro à altura do solo de *Azadirachta indica* A. Juss, em diferentes sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes - RJ

Na Tabela 12 é apresentada a análise nutricional das plantas de neem aos 33 meses após o plantio nos sistemas de produção FN e FNC. Observou-se que os teores de N, P e Mn foram mais elevados no sistema de produção FNC. Os teores mais elevados de N refletem a adubação verde com a crotalária no sistema FNC, apesar da análise química de solo não ter indicado diferenças entre os sistemas, quanto ao N (Tabelas 7, 8 e 9), o que possivelmente é justificado pela rápida liberação deste nutriente pela biomassa da crotalária (Figura 8).

Com relação aos teores de P, os valores mais elevados nas plantas do sistema de produção FNC são justificados pela análise de solo que apresenta médias mais elevadas em todas as profundidades em 2005 e 2006 neste sistema (Tabelas 6, 7 e 8). Isto também pode ter contribuído para o crescimento em altura e DAS que foram maiores neste sistema (Figuras 18 e 19).

O sistema de produção FN apresentou plantas com teores mais elevados de K e Mg em relação ao sistema FNC, sendo que os teores de Mg não diferiram entre os sistemas (Tabela 12).

Observou-se que os teores foliares de Ca, Fe e Zn nas plantas de neem não diferiram entre os sistemas de produção.

Tabela 12. Análise nutricional foliar de *Azadirachta indica* A. Juss, aos 33 meses após o plantio, em dois sistemas de produção, em Campos dos Goytacazes, RJ

Nutriente	Sistema de produção	
	Frutíferas + neem (FN)	Frutíferas + neem + crotalária (FNC)
N (g kg ⁻¹)	11,86 ± 2,06 b	15,36 ± 1,08 a
P (g kg ⁻¹)	1,07 ± 0,08 b	1,61 ± 0,25 a
K (g kg ⁻¹)	5,65 ± 0,97 a	4,06 ± 0,58 b
Ca (g kg ⁻¹)	27,81 ± 3,62 a	32,04 ± 1,27 a
Mg (g kg ⁻¹)	7,74 ± 1,20 a	6,78 ± 0,61 a
S (g kg ⁻¹)	2,63 ± 0,23 a	2,23 ± 0,22 a
Fe (mg kg ⁻¹)	260,90 ± 28,87 a	305,82 ± 78,24 a
Mn (mg kg ⁻¹)	23,05 ± 2,45 b	32,69 ± 2,72 a
Zn (mg kg ⁻¹)	17,41 ± 1,31 a	19,09 ± 2,50 a

Médias seguidas da mesma letra na linha, não diferem pelo intervalo de confiança, em nível de 5% de probabilidade.

Assim como para o crescimento em altura e DAS, também não foram encontrados trabalhos na revisão de literatura que forneçam dados sobre os teores de nutrientes em plantas de neem. Oliveira et al. (2005) mencionaram a falta na literatura mundial de estudos sobre adubação e nutrição mineral do neem. Estes mesmos autores descreveram os sintomas visuais de deficiência dos macro e micronutrientes, entretanto não informaram as faixas de teores adequados, o que impede a comparação com os teores apresentados neste trabalho. Com relação aos sintomas de deficiência nutricional observados no trabalho de Oliveira et al. (2005), não foram observados nos dois sistemas de produção deste trabalho.

Os resultados de altura, DAS e análise nutricional foliar das plantas de neem apresentados mostram que a espécie se adaptou bem nos dois sistemas de produção, entretanto a adubação verde com crotalária favoreceu o crescimento das plantas.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

O objetivo deste trabalho foi avaliar sistemas agroflorestais com mangueira, gravioleira, crotalária e neem, quanto ao benefício para as culturas de interesse econômico e alterações nas características do solo. Em um pomar misto de mangueira e gravioleira foram implantados quatro sistemas de produção: mangueira e gravioleiras (testemunha - F); mangueira, gravioleira e neem (FN); mangueira, gravioleira, neem e crotalária (FNC); mangueira, gravioleira e crotalária (FC). Para as avaliações, cada sistema foi dividido em nove subáreas e, destas, seis foram selecionadas, ao acaso, para a realização das amostragens. As mudas das frutíferas e o neem foram plantas em novembro de 2003 e 2004, respectivamente. Em novembro de 2005, foi feita a semeadura da crotalária e esta foi cortada aos 74 dias após a semeadura. Após a rebrota, realizou-se o segundo corte aos 54 dias após o primeiro. As fitomassas produzidas foram divididas e adicionadas sob a copa das frutíferas no sistema FC e sob a copa das frutíferas e do neem no sistema FNC. Para quantificação da fitomassa, foram coletados, em ambos os cortes, 3 amostras de 1 m² por subárea selecionada. A fitomassa da crotalária foi introduzida em "litterbags", para avaliação da taxa de decomposição, que foram colocados sobre o solo, misturados ao material proveniente do corte. Os mesmos foram coletados aos 0, 3, 6, 10, 15, 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o corte, para quantificação da massa seca residual. Nas mesmas épocas foram determinados os teores de N, P, K, Ca, Mg, S e

C, e os teores de lignina e celulose no dia e aos 30, 60, 90, 120 e 150 dias após o corte. Foi coletada uma amostra composta de solo por subárea sob a copa das frutíferas no sistema F e FC no dia do corte e aos 10, 20, 40, 80, 100 e 120 dias após o corte da crotalaria para determinação da atividade enzimática microbiana, ao longo do período de decomposição da crotalaria. Na estação de seca e chuvosa foi avaliada a influência da crotalaria sobre atividade microbiana no solo em contato com o neem nos sistemas FN e FNC. Em outubro de 2005 e 2006 foram determinados pH, N, P, K, Ca, Mg, H+Al e C orgânico do solo, nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-20 cm. Determinou-se, ainda, nas amostras do ano de 2005 a densidade de partícula e a composição granulométrica. Em setembro de 2007, foram determinadas a densidade do solo, porosidade total, micro e macroporosidade (0-5 e 5-10 cm). As frutíferas foram medidas aos 13, 22, 26, 31, 39 e 45 meses após o plantio, quanto à altura (H) e diâmetro à altura do solo (DAS). As plantas de neem foram medidas aos 3, 6, 12, 18, 24 e 30 meses após o plantio, quanto à altura e DAS. A avaliação do estado nutricional das frutíferas e do neem foram realizadas aos 45 meses e 33 meses após o plantio. Para análise da taxa de decomposição da fitomassa da crotalaria foi calculada a média e foram ajustados modelos de decaimento para o comportamento das variáveis ao longo do tempo e os demais dados foram analisados por média e intervalo de confiança. As conclusões foram as seguintes:

- A produção de fitomassa e teores de nutrientes da crotalaria foram elevados nos dois sistemas de produção, com maior quantidade de nutrientes depositados no sistema de frutíferas + crotalaria (FC). Houve rápida decomposição da crotalaria e liberação de nutrientes nas condições do experimento;
- Não houve efeito da crotalaria sobre a atividade enzimática microbiana do solo durante o período de decomposição dos resíduos, no sistema FC;
- Houve aumento da atividade enzimática microbiana do solo sob a copa do neem na estação chuvosa, com relação à estação seca, entretanto só houve diferença entre os sistemas na estação de seca, com maior atividade no sistema de frutíferas + neem + crotalaria (FNC);

- A adubação verde com a crotalária aumentou o potássio e diminuiu o H+Al do solo, colaborou na manutenção dos níveis de Ca e Mg no sistema FC e aumentou os valores de saturação de bases na camada de 0-5 cm do solo;
- As características físicas do solo não foram alteradas pelos diferentes sistemas de produção;
- Não houve efeito dos consórcios sobre a altura e diâmetro à altura do solo (DAS) das gravioleiras. O sistema FC resultou em maior crescimento de DAS das mangueiras em relação ao plantio somente com as frutífera (F) ;
- A adubação verde resultou em maiores teores foliares de N nas mangueiras;
- O crescimento do neem foi beneficiado pelo consórcio com a crotalária.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alcântara, F.A. de., Furtino Neto, A.E., Paula, M.B. de., Mesquita, H.A., Muniz, J.A. (2000) Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 35 (2): 277-288.
- Almeida, C.O., Souza, J.S., Mendes, L.D. (2001) Tendências no mercado internacional da manga. *Revista Econômica do Nordeste*, Fortaleza - CE, 32 (1): 112-120.
- Amabile, R.F., Fancelli, A.L., Carvalho, A.M. (2000) Comportamento de espécies de adubos verdes em diferentes épocas de semeadura e espaçamentos na região dos cerrados. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 35 (1): 47-54.
- Anderson, J.D.; Ingram, J.S.I. (1996) *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. 2. ed. Wallingford: UK CAB International, 199, 171.
- Arato, H.D., Martins, S.V., Ferrari, S.H.S. (2003) Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de áreas degradadas em Viçosa-MG. *Revista Árvore*, Viçosa - MG, 27 (5):715-721.
- Araújo, L.V.C., Rodrigues, L.C.E., Paes, J.B. (2000) Características físicas - químicas e energéticas da madeira de nim indiano. *Scientia Forestalis*, n. 57: 153-159.
- Assis, J.S. de., Silva, D.J., Moraes, P.L.D. de. (2004) Equilíbrio nutricional e distúrbios fisiológicos em manga 'Tommy Athins'. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, SP, 26 (2): 326-329.
- Batista, M.M.F., Viégas, I. de J.M., Fraizão, D.A.C., Thomaz, M.A.A., Silva, R. de C.L. da. (2003) Efeito da omissão de macronutrientes no crescimento, nos sintomas de deficiência nutricional e na composição mineral em gravioleira (*Annona muricata*). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 25 (2): 315-318.

- Boer, C.A., Assis, R.L., Silva, G.P., Braz, A.J.B.P., Barroso, A.L. de L., Cargnelutti Filho, A., Pires, F.R. (2007) Ciclegram de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em solo de cerrado. *Pesq. Agrop. Bras.*, Brasília, 42(9): 1269-1276.
- Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E.A., Wildner, L. do P., Costa, M.B.B. da., Miyasaka, S., Amado, J.T. (1993a) Aspectos gerais da adubação verde. *In: Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E.A., Wildner, L. do P., Costa, M.B.B. da., Alcântara, P.B., Miyasaka, S., Amado, J.T. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, p. 1-55.*
- Calegari, A., Alcântara, P.B., Miyasaka, S., Amado, J.T. (1993b) Caracterização das principais espécies de adubo verde. *In: Calegari, A., Mondardo, A., Bulisani, E.A., Wildner, L. do P., Costa, M.B.B. da., Alcântara, P.B., Miyasaka, S., Amado, J.T. Adubação verde no sul do Brasil. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, p. 207-327.*
- Campello, E.F.C., Silva, G.T.A., Nóbrega, P.O., Vieira, A.L.M., Franco, A.A., Resende, A.S. (2006) Implantação e Manejo de SAF's na Mata Atlântica: A experiência da Embrapa Agrobiologia. *In: Gama-Rodrigues, A.C.; Barros, N.F.; Gama-Rodrigues, E.F.; Freitas, M.S.M.; Viana, A.P.; Jasmin, J.M.; Marciano, C.R.; Carneiro, J.G. de A. (eds) Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense, p. 33-42.*
- Carvalho, C.L., Rossetto, C.J., Mantovani, D.M.B., Morgano, M.A., Castro, J.V. de., Bortoletto, N. (2004) Avaliação de cultivares de mangueira selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas comparadas a outras de importância comercial. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, 26 (2): 264-271.*
- Carvalho, J.E.U. (2006) Utilização de espécies frutíferas em sistemas agroflorestais na Amazônia. *In: Gama-Rodrigues, A.C.; Barros, N.F.; Gama-Rodrigues, E.F.; Freitas, M.S.M.; Viana, A.P.; Jasmin, J.M.; Marciano, C.R.; Carneiro, J.G. de A. (eds) Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense, p. 169-176.*
- Castro, C.M. de., Alves, B.J.R., Almeida, D.L. de., Ribeiro, R. de L.D. (2004) Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 39 (8): 779-785.
- Cavalcante, A.L., Alves, J.M., Pires, M.M. (2006) Análise estacional e tendência do preço da manga tomy athins em nível de atacado no estado da Bahia. *In: Carvalho, A. J. C. de; Vasconcellos, M. A. da S.; Marinho, C. S.; Campostrini, E. (eds) Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19. Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ, p. 555.*
- Cavalcante, L.F., Carvalho, S.S. de., Lima, E.M. de, Feitosa Filho, J.C.; Silva, D.A. da. (2001) Desenvolvimento inicial da gravioleira sob fontes e níveis de salinidade da água. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, SP, 23(2): 455-459.*

- Chen, W., Hoiting, A.J., Schmitthenner, A.F., Tuovinen, O.H. (1988) The role of microbial activity in suppression of damping off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, 78: 314-322.
- Cochran, W.G. (1955) Técnicas de amostragem. Rio de Janeiro. Fundo de Cultura. 555p.
- Costa, G.S., Espindola, J.A.A., Barroso, D.G., Thomé, M.P., Souza, C.L.M. de, Paulino, G.M., Ribeiro, G., Barreto, A.J.R., Jorge, M.E. de S. (2004) Manejo do solo para produção orgânica de gravioleira e mangueira no Norte Fluminense. XVIII Congresso Brasileiro de Fruticultura, Florianópolis, SC (CD-ROM)
- Costa, J.L., Siqueira, E.R. (2004) Análise de DNA dos solos e atividade enzimática como bioindicadores de diversidade microbiana em sistemas de restauração florestal na Mata Atlântica. *Anais do II Seminário de Pesquisa FAP-SE*.
- Cunha, G.A.P. da. (2000) Exigências edafoclimáticas. In: MATOS, A.P. (org) *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 16.
- Cunha, G.A.P. da., Neto, M.T.C. (2000a) Introdução. In: MATOS, A.P. (org) *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 9-10.
- Cunha, G.A.P. da., Neto, M.T.C. (2000b) Fenologia. In: MATOS, A.P. (org) *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 17-18.
- Cunha, G.A.P. da., Neto, M.T.C. (2000c) Instalação do mangueiral – preparo do solo e operações de plantio. In: MATOS, A.P. (org) *Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 29-30.
- Dourado, M.C., Silva, T.R.B. da., Bolonhezi, A.C. (2001) Matéria seca e produção de grãos de *Crotalaria juncea* L. submetida à poda e adubação fosfatada. *Scientia Agrícola*, 58 (2): 287-293.
- EMBRAPA. (1997). *Manual de métodos de análise de solo*. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro, 212p.
- EMBRAPA. (1999) *Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes*. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Brasília-DF, 370p.
- Fernandes, M.S. (2006) Perspectivas de mercado da fruta brasileira. In: Carvalho, A.J.C. de; Vasconcellos, M.A. da S.; Marinho, C.S.; Campostrini, E. (eds) *Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 19. Cabo Frio, RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ, p. 4-12.

- Filho, R.S.F. de H., Souza, V.F. de, Azevedo, B.M. de, Alcântara, R.M.C.M. de, Ribeiro, V.Q., Eloi, W.M. (2006) Efeito da fertirrigação de N e K₂O na absorção de macronutrientes pela gravioleira. *R. Bras. Eng. Agric. Ambiental*, Campina Grande, PB, 10 (1): 43-49.
- Franco, F. S., Couto, L., Carvalho, A. F., Jucksch, I., Fernandes Filho, E. I., Silva, E., Meira Neto, J. A. A. (2002) Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. *Revista Árvore*, Viçosa, MG, 26 (6): 751-760.
- Gama-Rodrigues, A.C. (2004) Ciclagem de nutrientes em sistemas agroflorestais na região tropical: funcionalidade e sustentabilidade. *In: Müller, M.W.; Gama-Rodrigues, A.C.; Brandão, I.C.F.L.; Serôdio, M.H.C.F. (eds) Sistemas agroflorestais, tendência da agricultura ecológica nos trópicos: sustento da vida e sustento de vida*. Ilhéus, BA: Sociedade Brasileira de Sistemas Agroflorestais: Comissão Executiva do Plano da lavoura Cacaueira; Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense, p. 67-87.
- Gazel Filho, A.B., Menezes, A.J.E.A. de, Carvalho, A.C.A. de (1997) Teores de macro e micronutrientes em folhas de graviola. *In: José, A.R.S., Souza, I.V.B., Moraes, O.M., Rebouças, T.N.H. (eds) Anonáceas, Produção e Mercado (Pinha, Graviola, Atemóia e Cherimólia*. Vitória da Conquista, Ba: DFZ/UESB, p. 118-137.
- Gomes, T.C.A.; Silva, M.S.L.; Silva, J.A.M.; Carvalho, N.C.S.; Soares, E.M.B. (2005) Padrão de decomposição e liberação de nutrientes de adubos verdes em cultivo de uva e manga do submédio São Francisco. *Embrapa – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 71*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Petrolina, PE (ISSN 1516-1641).
- Jackson, M.L. (1965) *Soil chemical analysis*. New Jersey: Prentice Hall, 498p.
- Jones Jr., J.B., Wolf, B., Mills, H.A. (1991) *Plant analysis handbook: a practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide*. Athens (USA): Micro - Macro Publishing. 213p.
- Kitamura, M.C., Lemos, E.E.P. (2004) Enxertia precoce de graviola (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, SP, 26(1): 186-188.
- Magalhães, A.F.J., Borges, A.L. (2000) Calagem e adubação. *In: MATOS, A.P. (org) Manga. Produção: aspectos técnicos*. Embrapa Mandioca e Fruticultura (Cruz das Almas, BA), Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, p. 35-44.
- Malavolta, E., Vitti, G.C., Oliveira, S.A. (1997) *Avaliação do estado nutricional de plantas: princípio e adaptações*. 2. ed. Piracicaba, SP: Potafos, 319p.
- Marriel, I.E., Oliveira, C.A. de., Utida, M.K., Monteiro, G.G., Alvarenga, R.C., Cruz, J.C. (2005) Bioindicadores de qualidade do solo de cerrado sob sistemas de

manejo para a produção orgânica. *Embrapa - Circular técnica 73*, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Sete Lagoas, MG (ISSN 1679-1150).

- Martinez, S.S. (2002) O nim - *Azadirachta indica* - Um inseticida natural (atualizado em 31 de outubro de 2002). Disponível em: < <http://www.iapar.br> >. Acesso em 20 janeiro de 2007.
- Matsuoka, M., Mendes, I.C., Loureiro, M.F. (2003) Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de primavera do leste (MT). *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 27: 425-433.
- Medeiros, A.A. de., Amorim, J.R.A. de., Silva, D.J., Guedes, F.X., Guerra, A.G., Dantas, J.A. (2005) Composição mineral de folhas e exportação de nutrientes pelos frutos de mangueira, em cultivo irrigado no Rio Grande do Norte. EMPARN (*Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento* – ISSN 0101-2975), Natal-RN.
- Medrado, M.J.S. (2000) Sistemas agroflorestais: aspectos básicos e indicações. In: Galvão, A.P.M. (org.) *Reflorestamento de propriedades rurais para fins produtivos e ambientais: um guia para ações municipais e regionais*. Brasília: Embrapa Comunicações para Transferência de Tecnologias; Colombo, PR: Embrapa Floresta, p. 269-312.
- Mendonça, B.O., Martins, M.I.E.G., Borba, M.M.C. (2006) Características do consumo de manga em Ribeirão Preto – SP. In: Carvalho, A.J.C. de; Vasconcellos, M.A. da S.; Marinho, C.S.; Campostrini, E. (eds) *Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 19. Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ, p. 566.
- Mendonça, E.S., Leite, L.F.C., Ferreira Neto, P.S. (2001) Cultivo de café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. *Revista Árvore*, Viçosa - MG, 25 (3): 375-383.
- Mendonça, V., Ramos, J.D., Araújo Neto, S.E. de., Pio, R., Gontijo, T.C.A., Junqueira, K.P. (2002) Substrato e quebra de dormência da semente na formação do porta-enxerto de gravioleira cv. RBR. *Revista Ceres*, 49(286): 657-668.
- Menegucci, J.L., Amaral, A.M. do., Souza, M. de. (1995) Alterações das propriedades químicas do solo na camada subsuperficial após adubação verde com crotalária. *Rev. Bras. Frutic.*, Cruz das Almas, 17 (3): 7-12.
- Micheletti, S.M.F.B., Agra, A.G.S. de M., Barbosa, G.V.S., Gomes, F.L. (2001) Controle de *Cerconota anonella* (SEPP.) (LEP.:Oecophoridae) e de *Bephratelloides pomorum* (FAB.) (HYM.: Eurytomidae) em frutos de graviola (*Annona muricata* L.). *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal - SP, 23 (3): 722-725.
- Moreira, F.M.S., Siqueira, J.O. (2002) *Microbiologia e Bioquímica do solo*, Lavras: editora UFLA, 626p.

- Mourão, S.A., Zanuncio, J.C., Pallini Filho, A., Guedes, R.N.C., Camargos, A.B. (2004) Toxicidade de extratos de nim (*Azadirachta indica*) ao ácaro-vermelho-do-cafeeiro *Oligonychus ilicis*. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 39 (8): 827-830.
- Neves, B.P., Oliveira, I.P., Nogueira, J.C.M. (2003) Cultivo e utilização do nim indiano. *Circular Técnica on line*, 62, Goiás: Embrapa-CNPAF, ISSN 1678-9636. Disponível em: <<http://www.cnpaf.embrapa.br>> Acesso em 20 janeiro de 2007.
- Nobre, R.G., Fernandes, P.D., Gheyl, H.R., Santos, F.J. de S., Bezerra, I.L., Gurgel, M.T. (2003) Germinação e formação de mudas enxertadas de gravioleira sob estresse salino. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 38 (12): 1365-1371.
- Nóbrega, P.O., Campello, E.F.C., Spinelli, B.M., Guerra, J.G.M., Franco, A.A. (2002) Aporte de biomassa e nutrientes em sistema agroflorestal implantado em um planossolo degradado no estado do Rio de Janeiro. *Anais do V Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas*, Belo Horizonte: Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas degradadas, p. 518-520.
- Oliveira, I.P. de., Belmiro, P. das N., Moreira, F.P., Costa, K.A. de P. (2005) Manejo sustentável e nutrição mineral do Nim. Embrapa (*Comunicado Técnico* – ISSN 1678-961) Goiás, GO.
- Padovan, M.P., Almeida, D.L. de., Guerra, J.G.M., Ribeiro, R. de L.D., Oliveira, F.L. de., Santos, L.A., Alves, B.J.R., Souto, S.M. (2006) Decomposição e liberação de nutrientes de soja cortada em diferentes estádios de desenvolvimento. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 41 (4):667-672.
- Paulucio, V. de O., Schiavo, J.A., Martins, M.A., Rodrigues, L.A., Detmann, E. (2004) Avaliação da atividade microbiológica como indicador da qualidade do solo em áreas degradadas por extração de argila. *FERTIBIO*, Lages, SC (CD-ROM).
- Pereira, S.V., Martinez, C.R., Porto, E.R., Oliveira, B.R.B, Leonor, C.M. (2004) Atividade Microbiana em solo do semi-árido sob cultivo de *Atriplex nummularia*. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 39 (8):757-762.
- Perin, A., Guerra, J.G.M., Teixeira, M.G. (2003) Cobertura do solo e acumulação de nutrientes pelo amendoim forrageiro. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 38 (7):791-796.
- Perin, A., Santos, R.H.S., Urquiara, S., Guerra, J.G.M., Cecon, P.R. (2004a) Efeito residual da adubação verde no rendimento de Brócolo (*Brassica oleraceae* L. var. *Italica*) cultivada em sucessão ao milho (*Zea mays* L.). *Ciência Rural*, Santa Maria, 34 (6): 1739-1745.
- Perin, A., Santos, R.H.S., Urquiaga, S., Guerra, J.G.M., Cecon, P.R. (2004b) Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 39 (1):35-40.

- Perosa, J.M.Y, Pierre, F.C. (2002) Técnicas de pós-colheita e expansão da cultura da manga no estado de São Paulo. *Rev. Bras. Frutic.*, Jaboticabal, SP, 24 (2): 381-384.
- Pinto, A.C. de Q., Silva, E.M. da. (1994) Graviola para exportação: aspectos técnicos da produção. EMBRAPA – SPI, 41p.
- Pinto, A.C. de Q., Ramos. V.H.V., Rodrigues, A A. (2001) In: Oliveira, M.A.S. (2001) *Graviola. Produção: Aspectos técnicos*. Embrapa Cerrados. Planaltina, DF. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, p.78.
- Ponciano, N.J.; Souza, P.M.; Mata, H.T.C.; Vieira, J.R.; Morgado, I.F. (2004) Análise de viabilidade econômica e de risco da fruticultura na região Norte Fluminense. *Revista Economia Sociologia Rural*, 42 (4): 615-635.
- Prates, H.T., Viana, P.A., Waquil, J.M. (2003) Atividade de extrato de folhas de nim (*Azadirachta indica*) sobre *Spodoptera frugiperda*. *Pesq. Agropec. Bras.*, Brasília, 38 (3): 437-439.
- Queiroz, L.R. (2006) *Leguminosas como fonte de nitrogênio para a cultura do milho, em Campos dos Goytacazes-RJ*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes-RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 72p.
- Queiroz, L.R. (2007) Avaliação da produtividade de fitomassa e acúmulo de N, P e K em leguminosas arbóreas no sistema de aléias, em Campos dos Goytacazes, RJ. *Revista Árvore*, 31(3): 383-390.
- Ribeiro, T.S. (2008) *Influência da adubação verde sobre o crescimento e nutrição de gravioleira e mangueira e sobre a atividade microbiana do solo*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ, Universidade Estadual do Norte Fluminense, 70p.
- Sacramento, C.K., Gattward, J.N., Campos, V.P., Souza, I.V., Barretto, W.S., Faria, J.C. (2006) Época de produção, produtividade e qualidade da graviola na região sul do Bahia. In: Carvalho, A.J.C. de; Vasconcellos, M.A. da S.; Marinho, C.S.; Campostrini, E. (eds) *Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 19. Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ, p. 278.
- Salgado, A.L.B., Azzini, A., Feitosa, C.T.; Petinelli, A.; Veiga, A.A. (1982) Efeito da adubação NPK na cultura da crotalária. *Bragantia*, 41:21-33.
- Samarão, S.S., Manhães, T.N., Rodrigues, L A. (2006) Estabelecimento de mudas de gravioleira inoculadas com fungos micorrízicos arbusculares no campo. In: Carvalho, A.J.C. de; Vasconcellos, M.A. da S.; Marinho, C.S.; Campostrini, E. (eds) *Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura*, 19. Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ, p. 546.

- Santos Filho, A.L., Costa, M.A.P. de C., Lima, E.V., Nascimento, M.G. de A., Cunha, E.C., Barros, T.F., Sacramento, C.K. do. (2006) Germinação de sementes de graviola utilizando giberelina líquida (GA3). *In: Carvalho, A.J.C. de; Vasconcellos, M.A. da S.; Marinho, C.S.; Campostrini, E. (eds) Frutas do Brasil: saúde para o mundo. Palestras e Resumos. Congresso Brasileiro de Fruticultura, 19. Cabo Frio-RJ: SBF/UENF/UFRuralRJ, p. 179.*
- Silva, A.Q. da., Silva, H. (1997) Nutrição e adubação de anonáceas. *In: José, A.R.S., Souza, I.V.B., Morais, O.M., Rebouças, T.N.H. (eds) Anonáceas, Produção e Mercado (Pinha, Graviola, Atemóia e Cherimólia. Vitória da Conquista, Ba : DFZ/UESB, p. 118-137.*
- Silva, D.J., Lima, M.F. (2001) Influência de húmus de minhoca e de esterco de gado na concentração foliar de nutrientes e na produção de manga 'Tommy Athins'. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, SP, 23 (3): 748-751.*
- Silva, J.A.A., Vitti, G.C., Stuchi, E.S., Sempionato, O.R. (2002) Reciclagem e incorporação de nutrientes ao solo pelo cultivo intercalar de adubos verdes em pomar de laranja - 'Pêra'. *Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal, SP, 24 (1): 225-230.*
- Silva, G.A., Souto, J.S., Araújo, J.L., Rodrigues, C.R.F., Alves, A.R. (2004a) Avaliação da atividade microbiana em função da incorporação de resíduos vegetais no solo. *FERTIBIO, Lages, SC (CD-ROM).*
- Silva, M., Siqueira, E.R., Costa, J.L. da S. (2004b) Hidrólise de diacetato de fluoresceína como bioindicador da atividade microbiana de um solo submetido a reflorestamento. *Ciência Rural, Santa Maria, 34 (5): 1493-1496.*
- Silva, S.R., Barros, N.F. de., Boas, J.E.B.V., Mendonça, E. de S., Costa, L.M. da. (2004c) Atividade microbiana afetada pela compactação do solo. *FERTIBIO, Lages, SC (CD-ROM).*
- Silva, T.O. da., Menezes, R.S.C. (2007) Adubação orgânica da batata com esterco e, ou *Crotalaria juncea*. II- Disponibilidade de N, P e K no solo ao longo do ciclo de cultivo. *R. Bras. Ci. Solo, Viçosa, MG, 31: 51-61*
- Siqueira, E.R., Bolfe, E.L., Bolfe, A.P.F., Trindade Neto, I.Q., Tavares, E.D. (2006) Estado da arte dos sistemas agroflorestais no nordeste do Brasil. *In: Gama-Rodrigues, A.C.; Barros, N.F.; Gama-Rodrigues, E.F.; Freitas, M.S.M.; Viana, A.P.; Jasmin, J.M.; Marciano, C.R.; Carneiro, J.G. de A. (eds) Sistemas agroflorestais: bases científicas para o desenvolvimento sustentável. Campos dos Goytacazes, RJ: Universidade Estadual do Norte Fluminense, p. 53-64.*
- Souza, C.M. de., Pires, F.R. (2002) *Adubação verde e rotação de culturas (caderno didático), Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 72p.*
- Taiz, L.; Zeiger, E. (2004) *Fisiologia vegetal*. Tradução: Eliane Romanato Santarém. 3ª edição, Porto Alegre: Artmed. 720p.

- Torres, J.L.R., Pereira, M.G., Andrioli, I., Polidoro, J.C., Fabian, A.J. (2005) Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos de plantas de cobertura em um solo de cerrado. Viçosa, MG, 29: 609-618.
- Van Soest, P; Wine, R.H. (1968). Development of a comprehensive system of feed analysis and its applications to forages. *J. Assoc. Official Agr. Chem.*, Madison, 51:p.780-785.
- Viegás, I. de J.M., Frazão D.A.C. (2004) Graviola: Nutrição, calagem e adubação. Embrapa (Circular Técnica – ISSN 1517-211X) Belém, PA.
- Vitti, G.C., Lima, E., Cicarone, F. (2006) Cálcio, magnésio e enxofre. *In: Fernandes, M. S. (ed.) Nutrição Mineral de Plantas*, Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do solo, p.299-325.
- Wutke, E.B. (1993) Adubação verde, manejo de fitomassa e espécies utilizadas no estado de São Paulo. *In: Writke, E.B., Bulisani, E.A., Mascarenhas, H.A.A. Curso de adubação verde no Instituto Agrônomo*, Campinas: Instituto Agrônomo, p. 17-29.