

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SUL DE MINAS GERAIS – CAMPUS
MUZAMBINHO**

Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura

GERUZA DA COSTA FRANCO ANUNCIAÇÃO

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA
FERTILIDADE DO SOLO CULTIVADO COM *Coffea
arabica* L. COM ENFOQUE EM MACRONUTRIENTES**

**MUZAMBINHO
2010**

GERUZA DA COSTA FRANCO ANUNCIAÇÃO

**INFLUÊNCIA DA ADUBAÇÃO VERDE NA
FERTILIDADE DO SOLO CULTIVADO COM *Coffea
arabica* L. E ANÁLISE DOS MACRONUTRIENTES**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais, Campus Muzambinho, como requisito para a obtenção do título de Tecnólogo em Cafeicultura.

Orientador: Prof^a. Anna Lygia de Rezende Maciel

**MUZAMBINHO
2010**

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof^a. Anna Lygia de Rezende Maciel (orientadora)

Prof. Celso Antônio Spaggiari Souza

Prof. Francisco Vítor de Paula

Muzambinho, 29 de Junho de 2010.

DEDICATÓRIA

Ao meu avô, João Batista de Abreu, ou apenas Vô Abreu, que, mesmo não sendo meu avô biológico e partindo me deixando ainda criança, herdei dele a paixão pela cultura do café! Obrigada por esta ligação tão forte!

À minha avó, Carmela Anunciação de Abreu, ou carinhosamente Vó Meméia, que na realidade era tia avó, mas que deu muito mais amor, carinho, afeto, educação, presença que uma avó biológica poderia dar! Obrigada por estar sempre ao meu lado, olhando por mim, me protegendo!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que vai sempre a minha frente para me iluminar, atrás para me proteger e ao meu lado para me amparar.

Aos meus pais Sebastião e Doralice, que, além de me ensinarem a importância da educação, me enriqueceram com humildade e igualdade para com o próximo.

Ao meu amigo Marcelo, pelo companheirismo e amizade ao longo destes três anos, além da parceria neste projeto.

Ao meu amigo Marcos Rodrigo, pela ajuda com o referencial teórico de fósforo.

Aos amigos de classe, pelo companheirismo ao longo destes três anos de convivência.

À Professora Anna Lygia, pela orientação, amizade e conhecimento transmitido.

Ao Laboratório de Análise de Solo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – Campus Muzambinho, pela efetuação das análises de solo e folha necessárias para a conclusão desse trabalho.

Muito Obrigada!

“Quem quiser vencer na vida deve fazer como os seus sábios: mesmo com a alma partida, ter um sorriso nos lábios.”

[Dinamor](#)

ANUNCIÇÃO, G.C.F. **Influência da adubação verde na fertilidade do solo cultivado com *Coffea arabica* L. e análise dos macronutrientes.** Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – *Campus* Muzambinho. Muzambinho, 2010.

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho de leguminosas como adubação verde visando elevar o teor de matéria orgânica e contribuir com a fertilidade do solo. O projeto foi instalado no Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - *Campus* Muzambinho, no período de 2008 e 2009. Para a realização do experimento utilizou-se uma área cultivada com a variedade Rubi MG 1192, com idade de 12 anos, dispostas no espaçamento 0,8 m entre plantas e 4,0 m entre linhas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, perfazendo um total de 20 parcelas. Cada parcela foi constituída de 10m. Cada parcela possuiu uma bordadura separando-as entre si. Os tratamentos foram constituídos por quatro leguminosas e uma testemunha, sendo elas: soja, crotalária, mucuna preta e guandu. As leguminosas foram plantadas nas entre linhas do cafeeiro, com três linhas de 10m de comprimento. As leguminosas foram roçadas no início do florescimento e permaneceram em decomposição na superfície do solo. As testemunhas foram roçadas quando as plantas invasoras alçaram em média 0,70 m. Após 60 dias foram coletadas amostras de solos e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solos Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia - *Campus* Muzambinho para análise. Para avaliação do experimento foram considerados as seguintes variáveis: Fertilidade do solo, monitorada por análise das amostras, levando em consideração pH, CTC, teor de matéria orgânica e macronutrientes; análise de folhas dos cafeeiros para avaliação dos percentuais médios de nitrogênio. Os resultados da análise química de solos obtidos no presente trabalho foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o software SISVAR, sendo utilizado o teste de médias Scott-Knott. De acordo com os dados obtidos no presente trabalho De acordo com os resultados obtidos através desse trabalho, conclui-se que: O solo cultivado com leguminosas no ano de 2009 apresenta menor acidez e elevação da soma de bases, da capacidade de troca de cátions (CTC) e do teor de cálcio quando comparado com a testemunha. No ano de 2010, a leguminosa mucuna preta apresenta menor CTC quando comparado com as demais leguminosas e o cultivo sem cultura intercalar (testemunha).

Palavras-Chaves: Conservação do solo, matéria orgânica, sustentabilidade.

ANUNCIAÇÃO, G.C.F. **Influência da adubação verde na fertilidade do solo cultivado com *Coffea arabica* L. e análise dos macronutrientes.** Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – *Campus* Muzambinho. Muzambinho, 2010.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the performance of legumes as green manure aimed at raising the level of organic matter and contribute to soil fertility. The project was installed at the Federal Institute of Education, Science and Technology - Campus Muzambinho, between 2008 and 2009. To perform the experiment we used an acreage with a variety Rubi MG 1192, aged 12 years, placed 0.8 m in the spacing between plants and 4.0 m between rows. The experimental design was randomized blocks with 5 treatments and 4 replications, a total of 20 plots. Each plot was 10m. Each parcel owned a border separating them from each other. Treatments consisted of four pulses, and a witness, namely: *Glycine max* (L). Merr, *Crotalaria juncea*, *Stizolobium aterrimum* and *Cajanus cajan*. The legumes were planted between rows of coffee trees, with three rows of 10m in length. Legumes were mowed at flowering and remained in decomposition at the soil surface. The witnesses were slashed when the weed proved unexpectedly on average 0.70 m. After 60 days soil samples were taken and sent to the laboratory of the Federal Institute of Soil Science Education and Technology - Campus Muzambinho for analysis. For evaluation of the experiment were considered the following variables: Soil Fertility, monitored by analysis of samples, taking into account pH, CEC, organic matter and nutrients, analysis of leaves of the trees to assess the average percentage of nitrogen. The results of chemical analysis of soils obtained in this study were subjected to analysis of variance, using the software SISVAR, by using the mean test Scott-Knott. According to data obtained in this study According to the results obtained through this work, it is concluded that: The soil under legumes in the year 2009 has lower acidity and raising the sum of bases, the cation exchange capacity (CTC) and calcium content as compared with the control. In 2010, the legume velvet bean has lower CTC when compared to other legumes and farming without intercrop (control).

Key Words: Conservation of soil, organic matter, sustainability.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	09
2. REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1. Importância Econômica da Cafeicultura	11
2.2. Cultivar Rubi	11
2.3. ADUBAÇÃO VERDE	12
2.4. Consórcio entre <i>Coffea arabica</i> e Leguminosas.....	13
2.4.1. <i>Crotalaria juncea</i>	14
2.4.2. <i>Stizolobium aterrimum</i>	15
2.4.3. <i>Cajanus cajan</i>	16
2.4.4. <i>Glycine max</i> (L). Merr.....	18
3.5. MACRONUTRIENTES.....	19
3.5.1. Nitrogênio	19
3.5.2. Fósforo	21
3.5.3. Potássio	24
3.5.4. Cálcio.....	25
3.5.5. Magnésio.....	27
3.5.6. Enxofre.....	28
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	33
5.1. Fertilidade do Solo – Análise de Macronutrientes – Ano 2009.....	33
5.2. Fertilidade do Solo – Análise de Macronutrientes – Ano 2010	34
5.3. Teor de Nitrogênio nas Folhas do Cafeeiro.....	35
6. CONCLUSÃO.....	37
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38

1. INTRODUÇÃO

A modernização da agricultura, também conhecida como Revolução Verde, ficou marcada pela expansão da agricultura nacional. No entanto, trouxe consequências negativas, por exemplo, o empobrecimento do solo, aumento de erosão e dos custos de produção, entre outras.

Atualmente, o discurso pela agricultura sustentável, ecológica, alternativa, orgânica, biodinâmica, entre outras denominações, tem ressuscitado práticas como a adubação verde, orgânica, cultivos mínimos, rotação de culturas, entre outras.

Embora se considere como adubação verde a incorporação ao solo de fitomassa de espécies vegetais distintas, as leguminosas são as mais difundidas para essa finalidade, por apresentarem sistema radicular geralmente profundo e ramificado, com capacidade de fixar o N_2 atmosférico, mediante associação com bactérias de diferentes gêneros da família Rhizobiaceae. Essas características possibilitam, às leguminosas, a extração de elementos menos solúveis e a mobilização de nutrientes das camadas mais profundas do solo, tornando-os disponíveis às culturas econômicas após à sua decomposição (MIYASAKA, 1983).

A utilização de leguminosas fixadoras de N, para adubação verde, propicia a recuperação da fertilidade do solo via aumento da incorporação da matéria orgânica. A quantidade de N que as plantas utilizadas como adubo verde poderão fornecer à cultura subsequente, será dependente da sua capacidade de fixação de N_2 e da eficiência da assimilação do NH_4^+ proveniente deste processo.

Comprovadamente, a mais alta porcentagem de N nos tecidos das leguminosas ocorre nos primeiros meses do período vegetativo, porém, a maior quantidade encontra-se na floração, sendo este o momento mais propício para a incorporação, pois as folhas e os talos tenros, que constituem as partes mais facilmente decomponíveis, são atacados imediatamente pelos microrganismos e começam a formar amônio e nitrato, utilizáveis pelas plantas, a velocidade e o grau de decomposição pode ocorrer de seis a oito semanas.

Dentre as diversas leguminosas utilizadas como adubo verde, estão: a crotalária, a mucuna, o feijão guandu e a soja. Essas leguminosas são escolhidas para essa finalidade por apresentarem raiz pivotante e profunda, capaz de

descompactar o solo. Apresentam grande produção de biomassa, contribuindo para a proteção do solo. Além da capacidade de fixar o nitrogênio atmosférico.

Com base neste contexto, o presente trabalho foi conduzido visando contribuir para a viabilidade do sistema de consórcio entre culturas de cafeeiro e leguminosas para as condições do Sul de Minas Gerais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Importância Econômica da Cafeicultura

O Brasil é o maior produtor mundial de café. Desde sua chegada ao país, em 1727, o café foi o maior gerador de riquezas e o produto mais importante da história nacional. Hoje, o café continua sendo um importante gerador de divisas (US\$ 2 bilhões anuais, ou 26 milhões de sacas exportadas ao ano), contribuindo com mais de 2% do valor total das exportações brasileiras, e respondendo por mais de um terço da produção mundial. Um mercado ainda em franca expansão, cujo agronegócio gera, no mundo todo, recursos da ordem de 91 bilhões de dólares ao comercializar os 115 milhões de sacas que, em média, são produzidos. A atividade envolve, ainda, meio bilhão de pessoas da produção ao consumo final (8% da população mundial) (CAMPOS, 2005).

Os números de cafés beneficiados no Brasil em 2010, de acordo com a segunda estimativa divulgada pela Conab, apontam para uma produção de 47 milhões de sacas de 60 quilos. Esse valor representa aumento de 19,2% ante as 39,5 milhões de sacas do ano de 2009. O bom resultado é fruto da bialidade positiva da cultura, que é intercalada entre um ciclo alto e baixo. Quando a comparação é feita em relação a 2008, ano também de bialidade positiva, o crescimento é de 2,85% (NOGUEIRA, 2010).

A maior produção está em Minas Gerais, que detém 50,9% do total nacional, sendo 98,9% do tipo arábica. Em segundo lugar vem o Espírito Santo, com 23,4% da colheita do país, com destaque para a produção do canephora.

2.2. Cultivar Rubi

A cultivar Rubi foi obtida através de retrocruzamentos de Catuaí Vermelho com Mundo Novo, com o objetivo de diversificar as características da cultivar Catuaí e selecionar materiais mais produtivos, mais vigorosos, mais precoces e mais uniforme quanto sua maturação (SANTOS, 2010).

Apresenta, quando adulta, porte baixo como a Catuaí, altura média de 2,0m e diâmetro de médio de copa de 1,8 m. Possui elevado vigor vegetativo com bom

enfolhamento o ano todo, sem apresentar depauperamento precoce após elevadas produções. A maturação dos frutos possui uniformidade intermediária entre as cultivares Catuaí e Mundo Novo (SANTOS, 2010).

Tem apresentado excelente produtividade e rendimento de grãos com superioridade de cerca de 10 a 15% comparada a cultivar Catuaí (SANTOS, 2010).

No plantio pode ser adotado espaçamentos tanto no sistema adensado quanto a livre crescimento em renque mecanizado (SANTOS, 2010).

2.3. Adubação Verde

Aubos verdes são plantas cultivadas no local ou trazidas de fora e cultivadas com a finalidade de serem incorporadas ao solo para preservar a sua fertilidade (CHAVES et al., 2000).

Diversos trabalhos têm demonstrado o efeito dos adubos verdes nas características físicas, químicas e biológicas do solo. Entre os efeitos da adubação verde na fertilidade do solo estão o aumento do teor de matéria orgânica, a maior disponibilidade de nutrientes, a maior capacidade de troca de cátions efetiva (t), a diminuição dos teores de alumínio e a capacidade de reciclagem e mobilização de nutrientes (CALEGARI, et al., 1993). No entanto, sabe-se que esses efeitos são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de plantio e corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

As leguminosas são as plantas preferidas para a formação da matéria orgânica do solo em virtude da grande massa produzida por unidade de área, da sua riqueza em elementos minerais, do seu sistema radicular bastante ramificado e profundo, da capacidade de mobilização dos nutrientes do solo e, principalmente, da possibilidade de aproveitamento do nitrogênio atmosférico (MALAVOLTA, 1967). Essas plantas podem, também, ser utilizadas para proteger os cafeeiros contra os ventos (MELLES; SILVA, 1978).

2.4. Consórcio entre *Coffea arabica* L. e Leguminosas

O uso de leguminosas é uma prática conservacionista que utiliza a própria vegetação para proteger o solo da erosão. Outro grande benefício do seu uso é a produção de matéria orgânica que, através de sua incorporação, estimula diversos processos químicos e biológicos melhorando sua fertilidade (BERTONI; NETO, 1993).

Segundo Muraoka (1984), pouca ênfase tem sido dada à quantificação da eficiência do fornecimento de nutrientes dos adubos verdes para as culturas.

Trabalhos mostram efeitos depressivos do cultivo da leguminosa (como mucuna, feijão de porco e soja perene), quando em cafezais adultos, sobre a produção do cafeeiro. O risco de concorrência entre plantas de adubação verde e o cafeeiro sempre existe, principalmente quando não são adotados cuidados específicos, como uso de leguminosas adequadas, cultivar um número correto de planta por área, a adubação das leguminosas, o corte das leguminosas em épocas corretas, observando os períodos de veranico, não as deixando, nesse caso crescer até o seu florescimento (máximo de matéria verde). Nas lavouras cafeeiras em formação, pela grande distância livre nas ruas a competição é reduzida (ESPÍNDOLA et al., 1998).

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 da permanência dos resíduos no solo, as condições locais, e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Dentre as leguminosas promissoras para a prática da adubação verde em consórcio com o cafeeiro destacam-se: a crotalária (*Crotalaria juncea* L.), o feijão guandu (*Cajanus cajan* L.), a mucuna preta (*Stilozobium aterrimum* L), e a soja (*Glycine max* (L). Merr) por serem plantas rústicas de eficiente desenvolvimento vegetativo, adaptadas às condições de solos de baixa fertilidade e elevadas temperaturas (PEREIRA, A.J.; 2004).

2.4.1. *Crotalaria juncea*

A *Crotalaria juncea*, é espécie originária da Índia, com ampla adaptação às regiões tropicais. As plantas são arbustivas, de crescimento ereto e determinado, produzem fibras e celulose de alta qualidade, próprias para indústrias de papel e outros fins. Sua produtividade normal pode atingir cerca de 10 a 15 t/ha de matéria seca e 500 a 1000 kg/ha de sementes, e pode alcançar de 3,0 a 3,5 metros de altura, segundo o site do Instituto Agronômico de Campinas.

Entre as espécies que podem ser utilizadas como adubo verde, a crotalária (*Crotalaria juncea* L.) é um espécie adaptada à região do cerrado (CAMPELO JÚNIOR; SANTOS, 2001). Entre as vantagens da utilização desta leguminosa como adubo verde, destaca-se o grande potencial de produção de massa verde com alto teor de Nitrogênio (N), que é de fácil incorporação ao solo e decomposição. Além disso, pelas suas características fisiológicas, a crotalaria é de crescimento rápido suficiente para vencer a competição com as ervas daninhas, mas não é invasora da cultura seguinte (ARANTES et al., 1995).

A eficácia da crotalaria como adubo verde depende essencialmente da produção de biomassa pela planta nas condições da região (WUTKE et al., 1993). Portanto, assim como para as demais culturas, a disponibilidade de água para as plantas suprirem a demanda evaporativa atmosférica deve ter um papel fundamental para a crotalaria (DOOREMBOS; KASSAN, 1979).

O manejo desta espécie em adubação verde, consiste em semeadura durante o período de outubro a novembro, podendo esta ser realizada à lanço em área total (30kg de sementes por ha, densidade de 60 sementes por m²), ou em linha, com espaçamento de 0,5 m (25kg de sementes por ha, densidade de 25 sementes por metro linear), sendo a profundidade de semeadura de 2 e 3 cm; e ao florescimento (cerca de 100 dias) proceder com a roçagem, picação ou acamamento. Recomenda-se esperar no mínimo 90 dias para o manejo da *Crotalaria*, para que haja melhor aproveitamento da biomassa em termos de custo benefício, ou seja, se o manejo for feito antes de 90 dias, a biomassa produzida não justificará a prática. Caso a área tenha sido submetida a preparo de solo adequado antes da implantação do adubo verde, pode-se realizar a operação de sulcação logo após a roçada da *Crotalaria*,

sendo este o manejo mais correto do ponto de vista conservacionista (LUZ et al., 2005).

Alcântara et al. (2000), estudando a *Crotalaria juncea* L. em consórcio com *Coffea arabica* L. verificaram que, aos 90 dias após o corte desta leguminosa, foram encontrados maior teor de K, Ca e Mg nas profundidades de 10 a 20cm. No entanto, os mesmos autores constataram que, aos 150 dias após o manejo da crotalária, não se observou nenhum efeito do adubo verde sobre a fertilidade do solo, o que evidencia o fim dos efeitos benéficos provenientes de seus processos de decomposição e mineralização.

2.4.2. *Stizolobium aterrimum*

A mucuna preta, *Stizolobium aterrimum*, uma planta da família das leguminosas que tem como centro de origem a China, exerce alelopatia sobre plantas daninhas (BARNI et al, 2003). Um dos casos de alelopatia mais expressivos é a produção de substâncias antibióticas por determinados tipos de bactérias para inibir a ação de outras (FERREIRA et al., 2000). Em função deste comportamento, algumas espécies são beneficiadas e outras são prejudicadas, influenciando a composição florística de determinado meio (FERREIRA et al., 2000).

A mucuna vegeta bem nas regiões tropicais e subtropicais. Necessita de climas quentes, de invernos suaves, sem ocorrência de geadas, sendo bastante resistente à deficiência hídrica (BARNI et al., 2003).

A mucuna preta é uma planta anual, herbácea, rasteira, com ramos trepadores vigorosos e bem desenvolvidos. A maioria das espécies de mucuna exibe razoável tolerância a um número de estresses abióticos, incluindo seca, baixa fertilidade e alta acidez do solo, mas elas são sensíveis à geada e não crescem bem em solos frios e úmidos (FERRAZ; LOPES, 2003).

Braga et al (2006) citam que a época de semeadura vai de outubro a fevereiro, quanto ao espaçamento e densidade recomendam 50 cm entre linhas, empregando-se sete sementes por metro linear, sendo necessários de 100 a 135 kg/ha. A produtividade normal é de 6 a 8 t/ha de matéria seca e 1.000 a 1.500 kg/ha

de sementes. Segundo Ferraz; Lopes (2003), a mucuna preta produz cerca de 35 t de fitomassa verde/ha, e fixa cerca de 120 a 157 kg de N/ha/ano.

Como adubação verde deve ser semeada de setembro a janeiro, uma vez que necessita de 140 a 150 dias para florescer e sofre se ocorrer frio no final de ciclo (BARNI et al., 2003).

Espécies de mucuna são recomendadas como adubo verde em consórcio com o cafeeiro por possibilitarem melhorias na fertilidade e textura do solo, além do seu efeito benéfico nos sistemas de rotação de culturas, que visam reduzir populações de algumas espécies de nematóides (FERRAZ et al., 2003).

2.4.3. *Cajanus cajan*

O feijão guandu foi introduzido no Brasil e Guianas pela rota dos escravos procedentes da África, tornando-se largamente distribuída e semi-naturalizada na região tropical, onde assumiu importância como fonte de alimento humano (SEIFFERT; THIAGO, 1983).

Dependendo da variedade, o guandu pode ser uma planta anual ou perene de vida curta, apresentando caule lenhoso e uma raiz principal pivotante que pode penetrar um ou mais metros no solo (HAAG, 1986). Numerosas raízes finas secundárias, que podem atingir até 30 cm de profundidade, apresentam nódulos que contêm bactérias do gênero *Rhizobium*, que fixam simbioticamente nitrogênio atmosférico e que é cedido à planta para a formação de seus aminoácidos e proteínas (SEIFFERT; THIAGO, 1993).

A habilidade de enraizamento do guandu a maiores profundidades não somente mostra seu maior potencial na absorção de água, mas também a possibilidade de reciclagem de nutrientes das camadas mais profundas. A capacidade das raízes do guandu de se desenvolverem em profundidade, mesmo quando não existe no solo uma camada de maior resistência à penetração. Além disso, Arihara et al. (1991) relatam que o desenvolvimento do sistema radicular do feijão proporciona a abertura de canais nas camadas adensadas que, após sua decomposição, possibilita o crescimento de raízes de milho e soja em cultivo sucessivo.

É citado como melhorador de solos, seja pela incorporação de matéria orgânica com elevados teores de nitrogênio ou pela capacidade de extração de fósforo em solos, não apresentada por outras culturas (NENE; SHEILA, 1990).

A espécie, também, é considerada como de múltiplo uso, extensivamente usada como alimento humano e adubo verde para melhorar a fertilidade do solo em sistemas de cultivo (TOBITA et al., 1994). Em exsudados de raízes de feijão guandu têm sido encontrados compostos fenólicos (p.ex.: ácido piscídico), o qual quelata o Fe, deixando o P livre na solução do solo para ser absorvido pelas culturas (AE et al., 1990). Estes mesmos autores relatam que os exsudados produzidos pelas raízes do feijão guandu dissolvem o fosfato contido nas rochas tornando o P disponível para uso pelas culturas.

O feijão guandu desenvolve-se bem em condições tropicais e subtropicais, entre as latitudes 30° N e 30° S. A temperatura média que lhe é mais favorável, conforme Vieira et al. (2001), varia de 18 a 29°C, mas, com umidade adequada e solo razoavelmente fértil, tolera temperaturas médias de até 35°C.

Em solos profundos, férteis e até nos compactados, segundo Vieira et al. (2001), esta leguminosa pode desenvolver-se com 250 a 400 mm de chuva/ano, graças ao seu sistema radicular profundo e pivotante.

O feijão guandu responde muito bem à calagem em solos ácidos. Nessas condições, as raízes podem se aprofundar até 3,0 metros, retirando parte dos nutrientes e água das camadas mais profundas do solo, não alcançadas pelas raízes de culturas anuais (NOVAES et al., 1988). No plantio, Ramos (1994) recomenda, de forma geral, para as condições do Nordeste brasileiro, a aplicação de 200 kg. ha⁻¹ de superfosfato simples e 50 kg ha⁻¹ de cloreto de potássio.

O primeiro corte das plantas de guandu, para Sagrilo et al. (1993) pode ser realizado aos 90 dias após o plantio e, daí em diante, a cada oito semanas no período das chuvas ou de seca, no caso de cultura irrigada. O corte deve ser feito a 80 centímetros de altura.

Ricci e Aguiar (2003) avaliando a influência da leguminosa *Cajanus cajan* sobre o crescimento e produtividade do cafeeiro arábica, sob manejo orgânico, mostraram a importância dessa associação no significativo aporte de N, de matéria orgânica além de outros nutrientes no agroecossistema. Referem-se principalmente ao N, cuja concentração em outras fontes orgânicas usadas na adubação dos cafeeiros normalmente é baixa para suprir as necessidades, como a casca do café,

com um teor de N variando de 0,6 a 1,2% ou o esterco bovino, variando de 0,3 a 3,5% (VALE et al., 1995).

Os teores de N considerados ideais nas folhas dos cafeeiros variam de 2,7 a 3,2% (ANDRADE, 2001). Nos testes realizados com *Cajanus cajan*, Ricci e Aguiar (2003) constataram um teor médio de N nas folhas dos cafeeiros de 3,3% na presença dessa leguminosa nas entrelinhas, contra 2,7% obtido em sua ausência.

2.4.4. *Glycine max* (L). Merr

A soja é uma cultura de origem asiática que veio para a Europa e depois para o continente americano (DIEHL; JUNQUETTI, 1995).

Embora seja planta originária de clima temperado, a soja se adapta bem em uma ampla faixa de clima. A utilização de cultivares adaptados permite o cultivo dessa oleaginosa nos climas subtropical e tropical. As temperaturas médias, ótimas para o melhor desenvolvimento da soja são entre 20 e 35° C. Precipitações pluviométricas anuais de 700 a 1.200 mm bem distribuídas, preenchem perfeitamente suas necessidades hídricas. Essas condições são encontradas em todo o planalto paulista, que se mostra apto para o desenvolvimento da cultura (DIEHL; JUNQUETTI, 1995).

Limitações por fertilidade não são de muita importância para a soja, pois essa reage otimamente à adubação e constitui fator de melhoria do solo. Produz mais em solos férteis e argilosos, desde que bem drenados. Solos arenosos pobres podem também ser cultivados, porém, podem haver problemas de germinação em condições desfavoráveis de umidade durante a semeadura (DIEHL; JUNQUETTI, 1995).

A inoculação de sementes de soja com bactéria específica para a soja, denominada *Bradyrhizobium japonicum*, substituiu a adubação nitrogenada. As bactérias associam-se com as raízes das plantas de soja e ambas conseguem aproveitar o nitrogênio do ar, o que nem as plantas e nem as bactérias poderiam fazer isoladamente. Esse processo é conhecido por fixação simbiótica de nitrogênio atmosférico (DIEHL; JUNQUETTI, 1995).

A adubação nitrogenada, além de desnecessária, em muitas vezes é prejudicial à fixação do nitrogênio. Mesmo em solos com grandes quantidades de restos vegetais, não há efeito benéfico da aplicação de nitrogênio no sulco de semeadura sobre a produção de grãos (DIEHL; JUNQUETTI, 1995).

Densidades muito baixa resultam em plantas de porte baixo, em maior incidência de ervas daninhas e maiores perdas na colheita. Em condições favoráveis ao acamamento das plantas, pode-se corrigir o problema sem afetar o rendimento, reduzindo-se a população em 20 a 25%. Em semeaduras após a época recomendada, deve-se aumentar a população em 20 a 25% (DIEHL; JUNQUETTI, 1995).

Melles et al. (1985) verificaram que o crescimento e a produção do cafeeiro foram favorecidos quando em consórcio com arroz (1 e 3 linhas), feijão (3 e 5 linhas), soja (2 linhas) e milho de porte baixo (1 linha), concluindo que naquelas situações, maior proteção aos cafeeiros durante o período de formação (1^o ao 3^o ano), principalmente contra o vento e erosão hídrica. Os resultados encontrados na literatura sobre consórcio de soja e café são escassos e não permitem inferir generalizações, já que cada região tem suas peculiaridades referentes às culturas, sistemas de plantio, mecanização e clima, e requer, assim, novas pesquisas.

3.5. Macronutrientes

Os macronutrientes são assim chamados por serem exigidos em maiores quantidades pelas plantas. Esses nutrientes são divididos em dois grupos, primários: nitrogênio, fósforo e potássio; e secundários: cálcio, magnésio e enxofre (que não foi avaliado no presente trabalho).

3.5.1. Nitrogênio (N)

Nos cafezais, pouco adubados, ou sem adubação, é frequente observar-se que no período de crescimento e maturação dos frutos, as folhas perdem a sua cor

verde tornando-se amareladas e às vezes caem do galho. Trata-se da deficiência de nitrogênio (MALAVOLTA, 1989).

Quando o grão de café se desenvolve e amadurece, o nitrogênio das folhas próximas move-se para os frutos; tais folhas se tornam deficientes no nutriente, surge o seu amarelecimento como resultado. Vê-se pois, que o amarelecimento das folhas, particularmente o das mais velhas, é uma indicação ou sintoma da deficiência de nitrogênio (MALAVOLTA, 1989).

O nitrogênio é, em geral, o nutriente que as plantas necessitam em maior quantidade. Na sua proporção é absorvido pelas raízes na forma de nitrato: depois do processo de “digestão”, melhor chamado de “mineralização” o nitrogênio orgânico é transformado no nitrato que as raízes absorvem (MALAVOLTA, 1989).

Na planta, o nitrogênio faz parte de muitos compostos, principalmente de “proteínas” as quais foram batizadas, por sua importância como a “base física da vida” (MALAVOLTA, 1989).

Embora a atmosfera que nos rodeia tenha 78% de nitrogênio (em forma de gás N_2), esse imenso reservatório não pode ser aproveitado pelas plantas. Apenas as plantas da família das leguminosas (feijões, mucuna, soja, crotalária, etc.) têm capacidade de se aproveitar do nitrogênio da atmosfera quando as condições são normais. Segundo Muraoka (1984), pouca ênfase tem sido dada à quantificação da eficiência do fornecimento de nutrientes dos adubos verdes para o cafeeiro (MALAVOLTA, 1989).

Deve-se esclarecer que não são propriamente as leguminosas que fazem esta fixação, mas certas bactérias que vivem nos nódulos das raízes dessas plantas. As bactérias sozinhas são incapazes de fixar o nitrogênio, o mesmo acontecendo às plantas sozinhas; apenas quando se dá a associação leguminosa mais bactéria é que ocorre a fixação. As bactérias vivem em simbiose com as leguminosas; as plantas lhe dão carbono e em troca as bactérias fornecem nitrogênio à planta (MALAVOLTA, 1989).

A presença das leguminosas nas entrelinhas do cafezal pode propiciar a liberação de nutrientes, principalmente nitrogênio, reduzindo os custos de produção já que a lavoura cafeeira, por ser muito produtiva, é uma das mais exigentes em termos nutricionais. A taxa de decomposição da fitomassa dos adubos verdes varia de acordo com a espécie da leguminosa (THOMAS; ASAKAWA, 1993) e os fatores ambientais como temperatura, umidade, aeração e teor de matéria orgânica no solo.

3.5.2. Fósforo (P)

O fósforo (P), um importante elemento da matéria viva, constitui o DNA, RNA e ATP. Na natureza ele é mais raro do que o nitrogênio, e seus reservatórios são principalmente rochas como a apatita, em menor escala a fosforita e também o guano. No meio terrestre, a concentração de P disponível às plantas costuma ser baixa, constituindo um fator limitante ao seu desenvolvimento. Grande parte dos fosfatos penetra no mar, onde fica imobilizada nos sedimentos profundos. Quando não existem correntes que possibilitem a subida da água até a superfície, o P se torna um fator limitante. A passagem do P do estado orgânico ao inorgânico é assegurada por bactérias como *Bacillus* e fungos como *Saccharomyces* e *Penicillium* (DAJOZ, 2005).

Enquanto o nitrogênio e o potássio dos fertilizantes permanecem em formas que as raízes podem aproveitar durante um período mais ou menos longo, com o fósforo não se dá o mesmo. O fósforo dos fertilizantes reage de modo mais ou menos rápido com determinados componentes do solo sendo por isso convertido em outras formas que as plantas não absorvem ou só o fazem com dificuldades. Pode-se dizer, então, que uma alta proporção de fósforo aplicado como adubo é roubado da planta, pelo menos durante algum tempo. O fenômeno tem o nome de “fixação do fósforo” (MALAVOLTA, 1989).

Não se deve pensar, porém, que o fósforo fixado esteja irremediavelmente perdido, com o tempo parte dele poderá ser aproveitado pelas culturas.

Os fertilizantes aplicados ao solo são chamados “fonte mineral”. Uma vez fornecido o fertilizante, ele é solubilizado e vai para a solução do solo. Em condições de pH elevado, parte do P é precipitado em formas pouco solúveis e retorna ao compartimento “Fonte mineral”. Na solução, ocorre um desequilíbrio em relação ao momento anterior à chegada do P. Ocorrerá, então, tanto a difusão quanto a adsorção (que ocorre mais facilmente, principalmente em solos intemperizados). O P adsorvido se transforma em P-lábil, que atua como um reservatório, fornecendo P à solução quando ali ele se encontra escasso. Este fluxo de P da forma lábil-solução ou solução-lábil varia de acordo com a granulometria e intemperização do solo (NOVAIS et al., 2007).

Para solos mais argilosos, o P encontra uma resistência maior para ir de um lugar para outro. Isso é conhecido como “poder tampão do solo”. Esse sistema de reservatório funciona como um regulador de excesso e escassez, sendo mais rigoroso ainda em solos bastante intemperizados, onde o P passa mais rapidamente da forma lábil para não-lábil (forma não prontamente disponível), fenômeno conhecido como fixação de P. Ao contrário do N, o P é muito pouco móvel no solo, “não lixiviável” em condições normais (NOVAIS et al., 2007).

De um modo geral, as plantas requerem um suprimento constante de fósforo durante toda a sua vida; no início do desenvolvimento as quantidades exigidas são pequenas, aumentando com o tempo. Na época da frutificação as necessidades são atendidas em parte pelo solo ou pelo adubo e em parte pelas mobilizações das reservas: o fósforo sai dos órgãos mais velhos (das folhas, por exemplo) e se dirige para os frutos em desenvolvimento (MALAVOLTA, 1989).

Segundo Grant et al. (2001), a maior parte do P que chega às raízes chega por difusão. Acredita-se que a raiz absorva apenas o P que se encontra a até 2mm de distância. Plantas submetidas a condições de baixa disponibilidade deste nutriente tendem a desenvolver o sistema radicular mais do que a parte aérea, na tentativa de aumentar a eficiência de absorção.

Há uma série de estudos indicando que se a planta não receber uma dose suficiente de P na fase inicial de sua vida, seu desenvolvimento no futuro fica seriamente comprometido, mesmo que depois receba este nutriente nas doses recomendadas (GRANT et al., 2001).

A deficiência do fósforo no solo ou na adubação se reflete em primeiro lugar na diminuição das colheitas. Quando as reservas diminuem ainda mais, não sendo refeitas através do uso de fertilizantes fosfatados a planta começa a mostrar sintomas de deficiência. Isto é verdadeiro no caso das culturas de ciclo rápido; nas perenes não são comuns nem a resposta à adubação e nem o aparecimento desses sintomas. A fome do fósforo se caracteriza pelo seguinte:

- Folhas velhas de cor verde-azulada;
- Falta de desenvolvimento; (MALAVOLTA, 1989).

Segundo Guerra et al. (2007), o menor vigor das plantas após o florescimento está associado à deficiência de P, que pode ser visualmente observada em dois momentos bem distintos: no mês de fevereiro, início do enchimento de grãos e formação de novas gemas reprodutivas; e no período de floração em setembro. O

mesmo autor ainda menciona que no local onde se concentra a aplicação de P_2O_5 há crescimento vigoroso de raízes absorventes superficiais.

O P atua nos processos de respiração, produção e armazenamento de energia, na divisão celular, no crescimento de células e outros processos. Além disso, melhora a qualidade de muitas frutas, verduras e grãos, sendo de vital importância para a formação de sementes. Favorece a eficiência no uso da água e aumenta a resistência da planta às doenças e os problemas causados por temperaturas muito baixas (GRANT et al., 2001).

Yamada e Abdalla, (2004) afirmam que a maior parte do P absorvida pela planta é transferido e armazenado no fruto ou grão, concentrando-se nas áreas mais ativas de crescimento. É também considerado o nutriente com menor aproveitamento pelas plantas.

A fertilidade do solo está estreitamente relacionada com a produtividade das plantas, se mantidos os demais fatores de produção em níveis não limitantes. Para o fósforo (P), este comportamento não é exceção. Este nutriente é, talvez, o mais investigado na literatura, em função de sua importância para os seres vivos, da frequência com que limita a produção das culturas, sobretudo nas regiões tropicais e pelo fato de ser um insumo mineral finito e insubstituível (MALAVOLTA, 2006).

Segundo Malavolta (2006), a calagem é um modo de economizar fertilizante fosfatado, pois minimiza os efeitos tóxicos causados pelo Al e Mn, além de liberar elementos, dentre eles o P, que estavam indisponíveis junto aos hidróxidos de Fe e Al no solo. A calagem contribui reduzindo a fixação do P, uma vez que reduz a quantidade de cargas positivas do solo e eleva as negativas (CTC), diminuindo as possibilidades do P, utilizado na adubação, se ligar fortemente à argila, que promoveria menor disponibilização do nutriente (ANDRADE, 2001).

Em decorrência das reações de equilíbrio nos solos ácidos, o P predomina na solução do solo como íons ortofosfato (H_2PO_4). Na fase sólida do solo ele combina, principalmente, com metais, como o ferro e o alumínio, e com o cálcio, ocorrendo também na matéria orgânica (RAIJ et al., 2001).

3.5.3. Potássio (K)

O potássio é um nutriente de extrema importância para as plantas, sendo, depois do nitrogênio, aquele que é mais exigido pelas culturas de interesse agrícola (FAQUIN, 1997). Apesar do Brasil possuir jazidas de fertilizantes potássicos, o país depende da importação, sendo o cloreto de potássio responsável por considerável valor das importações brasileiras (OLIVEIRA; SOUZA, 2001). Em sistemas agroecológicos, uma alternativa empregada consiste no uso de rochas como fonte de potássio e de outros nutrientes. Dentre as práticas agrícolas que podem ser usadas no sentido de aumentar a eficiência do uso de rochas nos agroecossistemas, a adubação verde com leguminosas merece destaque (ESPINDOLA et al., 2005).

Segundo Abboud (1986), as leguminosas são capazes de aumentar o aproveitamento de nutrientes fornecidos por rochas através de mecanismos como a acidificação do solo promovida por suas raízes.

As necessidades de potássio são pequenas nos primeiros dias (às vezes meses) da vida da planta, acentuando-se quando a mesma começa a se desenvolver; nas culturas anuais, em geral, o potássio necessário é quase todo absorvido antes da formação dos frutos ou grãos. As perenes exigem fornecimento quase constante (MALAVOLTA, 1989).

O potássio é necessário para a formação dos açúcares e do amido e para seu transporte até os grãos de reserva. Por outro lado é indispensável para a formação das proteínas, o que equivale a dizer: para o aproveitamento do nitrogênio que é matéria prima na formação das mesmas (MALAVOLTA, 1989).

O K é o cátion mais abundante nos tecidos vegetais, sendo absorvido da solução do solo em grandes quantidades pelas raízes na forma do íon K^+ . Este nutriente, porém, não faz parte de nenhuma estrutura ou molécula orgânica, sendo encontrado como cátion livre ou adsorvido, o que o torna facilmente trocável das células ou dos tecidos, com alta mobilidade intracelular. As necessidades de K para o ótimo crescimento das plantas situam-se na faixa de $20-50 \text{ g.kg}^{-1}$ da massa das partes vegetativas secas da planta, das frutas e dos tubérculos, entretanto as plantas têm a capacidade de absorver quantidade de K superior à sua necessidade, o que comumente é denominado consumo de luxo de K (MEURER, 2006).

Durante o crescimento das plantas, parte da biomassa produzida retorna ao solo na forma de galhos, folhas e estruturas reprodutivas, constituindo uma camada de serrapilheira, que, após ser submetida a um processo de decomposição, proporciona reciclagem de nutrientes. Costa et al. (2004) avaliaram o aporte deste material em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas, e observaram que as concentrações de K nas folhas e nos galhos da capoeira foram superiores em mais de 100 %, quando comparadas às quantidades de K em leguminosas utilizadas na revegetação. Os autores destacam que tal fato se deve à baixa eficiência dos solos da área em reter este nutriente, devido à perda de matéria orgânica e argila em razão do processo erosivo, que contribui para o aumento das perdas de K por lixiviação, devido a sua alta mobilidade.

Alguns estudos mostram a rápida velocidade de liberação do K, independente da espécie envolvida e da época do corte, e destacam que este fato provavelmente está associado à natureza do nutriente ocorrer na forma iônica nas plantas, não participando de nenhuma das estruturas orgânicas (TAIZ; ZEIGER, 1991; ANDRADE, 1997).

Calonego et al. (2005) observaram maiores quantidades de K lixiviado à medida que o estado de senescência da planta evoluiu após o manejo químico. Sorato; Crusciol (2007) observaram que a calagem causou aumento dos teores de K na parte aérea das plantas e que, dentre os cátions disponibilizados ao solo após a aplicação, o K é o mais solúvel nos extratos dos resíduos vegetais.

3.5.3. Cálcio (Ca)

O Ca^{2+} tem papel central na regulação de muitos processos celulares em plantas, incluindo mitose e citocinese, sinalização celular, gravitropismo, crescimento polar e correntes citoplasmáticas (HUANG et al., 1996).

Admite-se então que o cálcio seja indispensável para manter a estrutura e o funcionamento normais das membranas celulares, particularmente o do plasmalema. Esse papel do cálcio sugere a importância de se manter no solo um nível do elemento, para garantir, entre outras coisas, a absorção adequada dos elementos e, através disso, a produção (MALAVOLTA, 1980).

Segundo Malavolta (2006), o cálcio exerce na planta três tipos de funções: estrutural, regulador enzimático e de mensageiro secundário. Dechen e Nachtigall (2006) dizem que, o Ca impede danos à membrana celular, evitando a saída de substâncias intracelulares, parece atuar como modulador da ação dos hormônios vegetais, regulando a germinação, o crescimento e a senescência. O íon Ca desempenha papel importante no desenvolvimento vegetal e regulação metabólica. Influindo, indiretamente, no melhoramento do desenvolvimento das raízes, estimulação da atividade microbiana, absorção de outros nutrientes, além de ser requerido em grande quantidade pelas bactérias fixadoras de N₂.

A absorção de cálcio pelas plantas é quase restrita à região apical da raiz, ou seja, à porção da raiz sem endoderme suberizada. Esta é a parte da raiz mais afetada pelo alumínio, de forma que a absorção de cálcio é influenciada, não por competição direta, mas por alterações na região da raiz capaz de absorver este nutriente (GUEDES, 2001).

O cálcio é considerado imóvel quanto à redistribuição na planta, fazendo com que os sintomas de deficiência surjam primeiramente nas folhas novas da planta, havendo deformação e clorose foliar e, nos estágios mais avançados, o amolecimento do tecido devido à alteração na estrutura da parede celular (MENGEL; KIRKBY, 2001).

A acidez do subsolo tem sido considerada uma das principais causas de limitação à produtividade agrícola (GONZALES-ÉRICO et al., 1979; SUMNER et al., 1986; FARINA; CHANNON, 1988), por proporcionar restrição ao crescimento radicular e à absorção de água e nutrientes pelas culturas. A deficiência de cálcio e a toxicidade de alumínio têm sido apontadas como as principais barreiras químicas ao crescimento de raízes em subsolos ácidos (RITCHEY et al., 1982; PAVAN et al., 1982). O problema, entretanto, é de difícil solução, principalmente em áreas com cultivos sem preparo do solo, onde o calcário não é incorporado.

Um aspecto importante diz respeito às raízes das plantas necessitarem de cálcio no próprio ambiente de absorção de água e nutrientes. Isto porque as plantas não translocam o elemento, pelo floema, até as raízes (RAIJ, 1991). O cálcio favorece o desenvolvimento do sistema radicular e um alto teor desse elemento é necessário para a fase de encurvamento do pêlo. Sua deficiência dificulta a divisão celular, afeta o crescimento da raiz, diminui ou anula a produção de sementes e

provoca uma menor nodulação das leguminosas (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al. 1997).

O cálcio é o elemento predominante no complexo de troca do solo, exceto em solos ácidos, onde cede lugar para o alumínio (MALAVOLTA, 2006). A regra sempre é: teor de cálcio alto está associado a baixo teor de alumínio e alumínio alto jamais ocorrerá se o cálcio estiver alto.

Canto (1989), estudando os efeitos da introdução de leguminosas de cobertura em culturas perenes encontrou acréscimos nos valores médios de cálcio e na soma de bases nos solos. Provavelmente este acréscimo nos teores de cálcio e soma de bases tenha se dado mais em função da produtividade maior de biomassa das leguminosas mucuna preta e feijão guandu.

3.5.5. Magnésio (Mg)

O magnésio entra na composição da clorofila que é o pigmento verde das plantas. A clorofila, por sua vez, é a substância que permite a fixação (auxiliada pela luz solar) do gás carbônico da atmosfera na forma de açúcares; toda a vida na terra depende desse fenômeno chamado “fotossíntese”. A importância fundamental do magnésio fica assim evidenciada. Outra função do magnésio é a de ajudar o movimento do fósforo dentro do vegetal; durante a maturação, por exemplo, o Mg e o P caminham juntos para as sementes (MALAVOLTA, 1989).

Estudos conduzidos em Piracicaba, deram mais outro papel ao Mg; o elemento deve estar presente em quantidade suficiente para que seja máxima a absorção de P. Em outras palavras: sem Mg no solo não há praticamente absorção de P pelas raízes (MALAVOLTA, 1989).

A deficiência de Mg em geral se manifesta nos solos ácidos, onde a reserva do elemento é muito pequena. Em solos não muito ácidos ela pode, porém, aparecer quando há falta de chuvas; isto porque, ao que parece, nos períodos de seca o Mg tem sua disponibilidade diminuída (MALAVOLTA, 1989).

A deficiência de magnésio causa inicialmente uma cor verde-pálido nas bordas, passando após para clorose marginal nas folhas mais velhas, e com o decorrer do tempo a clorose avança para dentro, entre as nervuras. O

amarelecimento começa pelas folhas basais e, com o aumento dos sintomas de deficiência, as folhas jovens também são atingidas (BORKERT et al., 1994).

Altas concentrações de Mg^{+2} no solo e nas plantas podem causar danos por causa do distúrbio causado ao balanço entre cálcio e magnésio. Os prejuízos afetam particularmente as raízes, que são muito sensíveis à deficiência de cálcio (BERGMANN, 1992).

3.5.6. Enxofre (S)

É um nutriente pouco móvel na planta. As plantas deficientes em enxofre apresentam crescimento aparentemente normal. Os sintomas característicos iniciam-se pelas folhas mais novas, na forma de manchas irregulares, verde-claras, distribuídas no limbo dos folíolos. Com o desenvolvimento das plantas, as folhas tornam-se amarelas, e os folíolos caem facilmente (EMBRAPA MEIO-NORTE, 2003).

Segundo site da EMBRAPA (<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br>), o enxofre (S) interfere principalmente nos órgãos jovens da planta, onde sua ausência se expressa por alterações metabólicas que dificultam a formação da clorofila, interrompendo as atividades vegetativas. A deficiência do nutriente ocorre em solos com baixo teor de matéria orgânica e também nos solos com aplicação de adubos concentrados sem enxofre.

O suprimento de S normalmente é feito mediante as adubações nitrogenadas, com sulfato de amônio (230 g de S/kg), e fosfatada, com superfosfato simples (110 g de S/kg).

O enxofre, junto com o hidrogênio e o oxigênio, é um dos poucos não-metais que pode ser encontrado livre na natureza. Tanto no solo como na água. Em condições aeróbias, ocorrerá a oxidação, passando à forma de enxofre elementar chegando a sulfato. Na presença de ferro (anaeróbia) forma sulfetos férricos e ferrosos, permitindo que o fósforo converta-se de insolúvel para solúvel, tornando-se mais utilizável (UFPEL, 2007).

A maior parte do enxofre do solo, em geral mais de 90%, encontra-se em formas orgânicas. Isto é comprovado pelas altas correlações verificadas entre os teores de carbono orgânico ou nitrogênio total e os teores de enxofre total ou orgânico. A estreita relação entre o carbono orgânico e o enxofre supõe uma

relação C/S relativamente constante em solos de diferentes regiões climáticas, o que, entretanto, não é observado. Esta variação estaria relacionada aos fatores de formação do solo (UFPEL, 2007).

A especificidade de atuação de grupos de microrganismos em oxidação ou redução de enxofre depende principalmente das condições ambientais (aeróbicas ou anaeróbicas), com variação do estado de oxidação do enxofre (UFPEL, 2007).

Altas concentrações de sulfetos podem ser tóxicas aos cultivos em solos alagados. A mineralização é o processo de maior importância em relação à disponibilidade para as plantas, já que as formas orgânicas constituem a maior parte do enxofre do solo. Muitas espécies de fungos, bactérias e actinomicetos atuam no processo de mineralização do enxofre, utilizando a matéria orgânica como substrato para seu crescimento. Isto ocorre tanto em condições de aerobiose como de anaerobiose (UFPEL, 2007).

A essencialidade do enxofre (S) para as plantas é indiscutível, pela presença essencial dos aminoácidos sulfurados cistina e metionina nas proteínas vegetais (Thomas et al., 1950). No solo, este nutriente encontra-se principalmente armazenado na forma orgânica. A manutenção de teores adequados de matéria orgânica garante o suprimento gradual de S às plantas, através da mineralização.

Entretanto, o uso do solo de forma inadequada, resultando em diminuições no teor de matéria orgânica, associado ao uso de corretivos em superfície e fertilizantes concentrados com ausência de S, e às exportações deste elemento pelas colheitas reduzem a disponibilidade de S. Neste contexto, aumenta-se a probabilidade de resposta das culturas agrícolas à adubação sulfatada, além de tornar áreas deficientes em S (Jordan; Ensminger, 1958; Elkins; Ensminger, 1971).

O S, contido principalmente na matéria orgânica, pode ser rapidamente mineralizado e perdido por lixiviação. Além disso, a aplicação de calcário e fosfatos solúveis em superfície favorece a movimentação do sulfato (SO_4) para camadas mais profundas, inacessíveis às raízes. Este fato se agrava com os impedimentos físico-químicos ao crescimento radicular.

O S atmosférico pode entrar no sistema solo, principalmente através das chuvas. A litosfera contém aproximadamente 0,06% de S. Durante o intemperismo, muito do S presente em piratas e outros sulfetos metálicos podem ser transformados em SO_4 , sendo este adsorvido pelos colóides do solo, perdido por lixiviação

(Jordan; Ensminger, 1958) ou transformado em formas orgânicas pelos microorganismos e plantas (Bissani; Tedesco, 1988).

Nos solos tropicais e subtropicais, o S está presente nas formas orgânica e inorgânica, sendo a primeira forma predominante.

O S orgânico pode ser dividido em duas frações distintas: ésteres e ligados diretamente ao carbono pelo fato da fração orgânica deste nutriente ser a predominante, a mineralização e imobilização regulam o ciclo no solo e controlam a disponibilidade de S às plantas (Nziguheba et al., 2005).

Dessa forma, o armazenamento de S orgânico significa suprimento constante deste elemento às plantas e para isso, a manutenção de teores adequados de matéria orgânica no solo é fundamental. A dinâmica da matéria orgânica é representada pelas variações no teor de carbono orgânico do solo, o qual é afetado pelo sistema de manejo do solo. Em solos sob vegetação natural, considera-se que a matéria orgânica está em estado estacionário, ou seja, não há variação no seu teor. (Bayer & Mielnickuk, 1999). No entanto, o cultivo agrícola de áreas nativas pode promover perdas de matéria orgânica. A diminuição do teor de carbono orgânico é dependente da intensidade de revolvimento (determinado pelo sistema de preparo do solo) e da produção de resíduos vegetais (determinado pelo sistema de sucessão de culturas) (Bayer; Mielnickuk, 1997). A redução do revolvimento do solo associada à rotação de culturas com alta produção de resíduos vegetais é uma alternativa para a recuperação dos teores de matéria orgânica. Além disso, o uso de plantas de raízes profundas e agressivas no sistema de rotação de culturas promove a ciclagem de nutrientes, sendo uma maneira de recuperação do S contido nas camadas mais profundas.

Entretanto, em materiais orgânicos com elevada relação C/S, os decompositores necessitam de uma quantidade maior de S para incorporar em sua biomassa. Dessa forma, o S inorgânico do solo é imobilizado, tornando-se temporariamente indisponível às plantas (Stewart et al., 1966), semelhantemente ao que ocorre com o nitrogênio.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado e conduzido no período de 2008 a 2010, no setor de cafeicultura do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas - *Campus Muzambinho*, Muzambinho – MG, situado a -21 22' 33" de latitude, a altitude variando entre 887 a 1040 metros. O município abrange uma área de 414 km² onde a principal atividade agrícola é a cafeicultura.

Para realização do experimento utilizou-se uma área cultivada com *Coffea arabica* L. cultivar Rubi MG - 1191, com idade de 12 anos, dispostas em espaços de 0,8m entre plantas e 4,0 m entre linhas.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados contendo 5 tratamentos com 4 repetições, perfazendo um total de 20 parcelas.

Os tratamentos corresponderam às espécies: soja (*Glycine max* (L.) Merr), Crotalária júncea (*Crotalaria juncea* L.), mucuna preta (*Stilozobium aterrimum* L.), feijão guandu (*Cajanus cajan* L.), plantadas intercalarmenete à cultura cafeeira; e um tratamento testemunha sem plantio intercalar.

A parcela experimental constituiu-se de 12 cafeeiros, no espaçamento de 4,0 x 0,8 m, considerando-se úteis as 8 plantas centrais. A calagem e a adubação do cafeeiro foram realizadas de acordo com a comissão de Fertilidade de solo do Estado de Minas Gerais (1989).

As leguminosas foram semeadas a 50cm da projeção da copa dos cafeeiros e em sulcos espaçados de 50cm entre si, totalizando três fileiras de 10m de comprimento, as quais não receberam adubação.

A densidade da sementeira e os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para cada leguminosa.

Foram realizados desbastes das leguminosas quando necessário e o manejo das plantas daninhas foi realizado com roçadora manual semi-mecanizada.

Repetiu-se esse procedimento no período de outubro a novembro de cada ano da experimentação (2008 e 2009).

Efetou-se o corte dos adubos na fase de pleno florescimento – frutificação. As espécies em estudo foram roçadas com o auxílio da roçadora portátil e permaneceram na superfície do solo para posterior decomposição. As testemunhas foram roçadas quanto as plantas daninhas atingiram a média de 0,7m de altura.

Coletaram-se anualmente amostras de solo á profundidade de 0 – 20 cm, 60 dias após o corte das leguminosas, analisadas para fins de fertilidade. As amostras de solo foram encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas – *Campus Muzambinho*, para análise.

Para avaliação do experimento foram considerados as seguintes variáveis:

- Fertilidade do solo, monitorada por análise das amostras, levando em consideração pH, CTC, teor de matéria orgânica e macronutrientes;
- Análise de folhas dos cafeeiros para avaliação dos percentuais médios de nitrogênio.

Os resultados obtidos na avaliação do experimento foram submetidos à análise de variância, utilizando-se o software SISVAR (FERREIRA, 2000), sendo utilizado o teste de média Scott Knott.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Fertilidade do Solo – Análise de Macronutrientes – Ano 2009

De acordo com a Tabela 1, houve resultado estatisticamente significativo para o pH do solo, para a soma de bases, para a CTC do solo e para os teores de cálcio no solo.

Em relação ao pH do solo, o solo cultivado com as leguminosas soja, crotalária, mucuna e guandu apresentaram um pH mais elevado quando comparado com a testemunha (sem cultivo intercalar). Estes dados demonstram que a partir da decomposição dos resíduos vegetais das leguminosas pode ocorrer uma diminuição na acidez do solo. Isto porque durante a decomposição dos resíduos, são produzidos ácidos orgânicos capazes de complexar íons Al^{+++} presentes na solução do solo, reduzindo desta forma o alumínio tóxico do solo (LIU; HUE, 1996).

Na Tabela 1 pode-se observar a variação dos parâmetros diretamente relacionados com a acidez do solo: soma de bases e capacidade de troca de cátions (CTC). A soma de bases é indicador da fertilidade do solo, assim, quanto maior for o valor obtido para este parâmetro, maior será a fertilidade do solo (LOBO; SILVA, 2008). Os solos cultivados com as leguminosas em estudo apresentaram valores do parâmetro soma de bases, mais elevados quando comparados com a testemunha.

A Capacidade de Troca de Cátions (CTC) determina a quantidade de cátions Al, H, Ca, Mg e K que o solo é capaz de reter. Nesse sentido, das diferentes áreas analisadas, os solos cultivados com as leguminosas apresentaram um valor mais favorável para este parâmetro. Estes resultados não confirmam os mesmos obtidos por Paulo et al. (2001), onde os valores de pH, SB e CTC não apresentaram diferença estatisticamente significativa em solos cultivados com cafeeiro Apatã em consórcio com as leguminosas mucuna anã, crotalária juncea, crotalária spectabilis e soja quando estas foram comparadas com a testemunha (sem cultura intercalar).

Os maiores teores de cálcio, de acordo com a análise química do solo, foram encontrados em solos cultivados com as leguminosas mucuna preta e feijão guandu, quando comparados aos demais tratamentos. Provavelmente este acréscimo nos teores de cálcio tenha se dado mais em função da produtividade maior de biomassa das leguminosas mucuna preta e feijão guandu. Estes dados comprovam os

resultados obtidos por Canto (1989), que estudando os efeitos da introdução de leguminosas de cobertura em culturas perenes encontrou acréscimos nos valores médios de cálcio nos solos.

Tabela 1 - Características químicas de amostras de solo (0-20 cm) coletadas nas entrelinhas de cafeeiros no ano de 2009. Instituto Federal do Sul de Minas – *Campus* Muzambinho. Muzambinho, MG, 2010.

Características Químicas	Leguminosas				
	Soja	Crotalária	Mucuna	Gundu	Testemunha
pH	5,7900 b	6,1675 a	6,1750 a	6,2525 a	5,4100 b
Soma de Bases	5.3550 b	6.4075 b	7.5050 a	7.8725 a	5.5450 b
CTC	8.9550 a	9.2825 a	9.8800 a	10.2225 a	6.8200 b
V %	60.350 a	68.725 a	75.650 a	76.825 a	69.800 a
Teor de M.O.	2.6750 a	2.8370 a	2.7100 a	2.9700 a	2.5450 a
H + Al	3.6000 a	2.8750 a	2.3750 a	2.3500 a	1.7250 a
P	35.875 a	94.250 a	77.900 a	66.200 a	85.175 a
K	172.00 a	212.00 a	274.25 a	211.25 a	189.50 a
Ca	3.5050 b	4.2220 b	4.9800 a	5.3570 a	3.2950 b
Mg	1.4100 a	1.6420 a	1.8250 a	1.9720 a	1.6070 a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

5.2. Fertilidade do Solo – Análise de Macronutrientes – Ano 2010

De acordo com os dados apresentados na Tabela 2, em solos cultivados com *Coffea arabica* L. cv. Rubi em consórcio com leguminosas no segundo ano consecutivo, houve resultado estatisticamente significativo apenas para a CTC do solo.

A leguminosa mucuna preta em consórcio com o cafeeiro apresentou um menor valor da Capacidade de Troca de Cátions (CTC) quando comparado com as demais leguminosas e o cultivo sem cultura intercalar (testemunha). Este resultado é diferente ao apresentado na Tabela 1 (primeiro ano de cultivo consorciado), quando

as leguminosas cultivadas em consórcio apresentaram valores de CTC superiores comparados com a testemunha.

Tabela 2 - Características químicas de amostras de solo (0-20 cm) coletadas nas entrelinhas de cafeeiros no ano de 2010. Instituto Federal do Sul de Minas – *Campus* Muzambinho. Muzambinho, MG, 2010.

Características Químicas	Leguminosas				
	Soja	Crotalária	Mucuna	Gundu	Testemunha
pH	6.8750 a	6.6000 a	6.8250 a	6.8000 a	6.9500 a
Soma de Bases	7.0125 a	7.5475 a	6.7875 a	7.0075 a	6.1875 a
CTC	8.6625 a	9.8475 a	6.7875 b	8.9825 a	8.1125 a
V %	80.975 a	76.775 a	77.225 a	77.400 a	75.600 a
Teor de M.O.	3.9275 a	4.1125 a	3.6300 a	3.5350 a	3.8775 a
H + Al	1.4000 a	2.3000 a	2.0000 a	1.9750 a	1.9250 a
P	114.30 a	98.720 a	129.90 a	80.725 a	172.02 a
K	162.50 a	196.75 a	145.25 a	121.750 a	172.00 a
Ca	4.6375 a	4.9325 a	4.5050 a	4.6800 a	4.0450 a
Mg	1.9625 a	2.110 a	1.9100 a	2.0150 a	1.7025 a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

5.3. Teor de Nitrogênio nas Folhas do Cafeeiro

De acordo com os resultados presentes na Tabela 3, não houve diferença significativa entre os teores de nitrogênio presentes nas folhas dos cafeeiros. Os percentuais médios de Nitrogênio nas folhas do cafeeiro variaram de 2,7250% (Testemunha – sem cultivo intercalar) a 2,7825% (mucuna preta). Estes percentuais de N presentes nas folhas do cafeeiro encontram-se dentro dos limites considerados ideais por Andrade (2001) que estabelece como adequados valores entre 2,7 a 3,2% de N.

Resultados semelhantes foram obtidos por Bergo et al. (2006) onde os teores médios de N nas folhas dos cafeeiros, avaliadas em maio de 2002, mostrou que não houve diferença significativa entre as leguminosas cultivadas nas entrelinhas dos cafeeiros.

Tabela 3 – Influência do consórcio entre *Coffea arabica* L. e leguminosas nos teores médios de Nitrogênio presentes nas folhas dos cafeeiros. Instituto Federal do Sul de Minas – *Campus* Muzambinho. Muzambinho, MG, 2010.

Características	Leguminosas				
	Soja	Crotalária	Mucuna	Gundu	Testemunha
Químicas					
N (dag.Kg-1) %	2.7750 a	2.7350 a	2.7825 a	2.7425 a	2.7250 a

Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem estatisticamente entre si, a 5% de probabilidade pelo Teste de Scott-Knott.

6. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos através desse trabalho, conclui-se que:

- O solo cultivado com leguminosas no ano de 2009 apresenta menor acidez e elevação da soma de bases e da capacidade de troca de cátions (CTC) quando comparado com a testemunha (indicadores de fertilidade do solo).
- De acordo com as análises químicas de solo realizadas no ano de 2009, observa-se que os teores de cálcio são maiores em solos cultivados com as leguminosas mucuna preta e feijão guandu.
- No ano de 2010, a leguminosa mucuna preta apresenta menor Capacidade de Troca de Cátions quando comparado com as demais leguminosas e o cultivo sem cultura intercalar (testemunha).
- O nível de P analisado no bloco sem cultura intercalar (testemunha) no ano de 2010 foi maior quando comparado com todas as leguminosas.
- O nível de K analisado no ano de 2010 em solos sem cultura intercalar (testemunha) só não é maior quando comparado com os solos cultivados crotalária.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOUD, A. C. S. Eficiência da adubação verde associada a fosfato natural de Patos de Minas. 1986. 320 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ.

AE, N.; ARIHARA, J.; OKADA, K.; YOSHIHARA, T.; JOHANSEN, V. Phosphorus uptake by Pigeonpea and its role in cropping systems of the Indian subcontinent. *Science*, v. 284, p. 477- 80, 1990.

ALCÂNTARA, F. A. de; FERREIRA NETO, A. E.; PAULA, M. B. de; MESQUITA, H. A. de; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277- 288, fev. 2000.

ANDRADE, A.G. Ciclagem de nutrientes e arquitetura radicular de leguminosas arbóreas de interesse para revegetação de solos degradados e estabilização de encostas. Seropédica. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1997. 182p. (Tese de Doutorado).

ANDRADE, C.E. Calagem e adubação do café. Viçosa: Aprenda Fácil, 2001.130p.
ARANTES, E. M.; CARVALHO Jr, A. G. de; MORAES, L. F., Principais leguminosas utilizadas como adubo verde. Cuiabá: EMPAER-MT, 995. 13p.

BARNI, N. A. et al. Plantas recicladoras de nutrientes e de proteção do solo, para uso em sistemas equilibrados de produção agrícola. Porto Alegre: FEPAGRO, 2003. 84 p. (Boletim FEPAGRO, 12).

BAYER, C; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de cultura. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v .21, p.105-112, 1997.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Eds.). *Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Gênese, 1999. cap. 2, p. 9-26.

BERGO, C.L.; PACHECO, E.P.; MENDONÇA, H.A.; MARINHO, J.T.S. Avaliação de espécies leguminosas na formação de cafezais no segmento da agricultura familiar no Acre. *Acta Amazônica*. Manaus-AM. vol. 36(1) 2006: 19 – 24.

BERTONI, J; NETO, F.L. 1993. *Conservação do Solo*, 3ª Edição, Editora Ícone. São Paulo, SP. 355p. Brasil. 2000. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Programa de crédito para a agricultura orgânica no Acre. Rio Branco, AC: paginação irregular.

BERGMANN, W., 1992, (ed.) *Nutritional disorders of plants*. New York, G. Fischer, 741 p.

BISSANI, C.A. & TEDESCO, M.J. O enxofre no solo. In: XVII Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo, Anais...Londrina – PR. 1988.

BORKERT, C.M. et. al. Seja doutor da sua soja. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 66, 16 p., jun. 1994.

BRAGA, N. R. et al. Mucuna-preta. Campinas: IAC, 2006. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MucunaPreta/MucunaPreta.htm>>. Acesso em: 05/05/2010.

CALEGARI, A. Leguminosas de verão para adubação verde no Paraná. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 1995. 117 p. (Circular, 80).

CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. & ROSOLEM, C.A. Lixiviação de potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estádios de senescência após a dessecação química. R. Bras. Ci. Solo, 29:99-108, 2005.

CAMPELO JÚNIOR, J.H., SANTOS, V.S. Limitações fotoperiódicas na cultura da crotalária em Mato Grosso.

CAMPOS, J. I., disponível em: http://www.newscafeicultura.com.br/category_news.asp?IDCategory=37
acesso em: 11/05/10.

CANTO, A.C. Importância ecológica do uso de leguminosas como plantas de cobertura em guaranazais no estado do Amazonas. Manaus, INPA/FUA, 1989. 121p. (Tese D.S.).

CHAVES, J. C. D. Benefícios da adubação verde na lavoura cafeeira. Londrina: IAPAR, 2000.

COSTA, G.S.; FRANCO, A.A.; DAMASCENO, R.N.; FARIA, S.M. Aporte de nutrientes pela serrapilheira em uma área degradada e revegetada com leguminosas arbóreas. R. Bras. Ci. Solo, 28:919-927, 2004.

DAJOZ, Roger. Princípios de Ecologia. 7. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. 520 p.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Micronutrientes. In: FERNANDES, M. S. (Ed.). Nutrição mineral de plantas. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2006. p. 327-354.

DIEHL, S., JUNQUETTI, M., disponível em: <http://www.agrobyte.com.br/soja.htm>
acesso em: 05/05/10.

DOOREMBOS, J.; KASSAM, A.M. Yield Response to water. FAO, 1979. 193 p. (Irrigation and Drainage, 33).

ELKINS, D.M. & ENSMINGER, L.E. Effect of soil pH on the availability of adsorbed sulfate. Soil Science Society American Proceeding, Madison, v. 35, p.931-934, 1971.

EMBRAPA MEIO-NORTE. Sistemas de Produção, 2. Cultivo de Feijão-Caupi. ISSN 1678-8818. Versão Eletrônica. Jan/2003.

ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D. L.; ABOUD, A.C. S. Adubação verde com leguminosas. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. 49 p.

FARINA, M.P.W. & CHANNON, P. Acid - subsoil amelioration. II Gypsun effects on growth and subsoil chemical properties. Soil Sci. Soc. Am. J., 52:175-180, 1988.

FAQUIN, V. Nutrição mineral de plantas. Lavras: FAEPE, 1997. 227 p.

FERRAZ, S. et al. Efeito do cultivo de duas espécies de *Mucuna* sobre a população de *Meloidogyne exigua*, *M. incógnita* e *M. javanica*, em casa de vegetação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. Programas e resumos. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003.p. 79.

FERRAZ, S.; LOPES, E. A. *Mucuna* Preta: A planta mágica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 24., 2003, Petrolina. Programas e resumos. Petrolina: Sociedade Brasileira de Nematologia: Embrapa Semi-Árido, 2003. p. 64 – 67.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. (Coord.). Solos: manejo integrado e ecológico: elementos básicos. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 100 p.

FERREIRA, D. F. Sistema de análise estatística - SISVAR. Lavras: UFLA, 2000. Software.

GONZALES-ERICO, E.; KAMPRATH, E.J.; NADERMAN, G.C. & SOARES, W.V. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn on an Oxisol of Central Brazil. Soil Sci. Soc. Am. J., 43:1155-1158, 1979.

GRANT, C. A.; FLATEN, D. N.; TOMASIEWICZ, D. J.; SHEPPARD, S. C. A. importância do fósforo no desenvolvimento inicial da planta. Informações Agrônomicas, n. 95, Piracicaba, Instituto Potafós, 2001.

GUEDES, G. A. A. Cálcio, magnésio e enxofre no solo. In: _____. Fertilidade do solo. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 185-200.

GUERRA, A.F.; ROCHA, O.C.; RODRIGUES, G.C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G.C.; TOLEDO, P.M.R.; RIBEIRO, L.F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. ITEM. Brasília, n.73, p.52-61, 2007.

HAAG, H. P. Forrageira na seca: algaroba, guandu e palma forrageira. Campinas: Fundação Cargil, 1986. 137 p.

http://www.newscafeicultura.com.br/category_news.asp?IDCategory=37 acesso em: 11/05/10.

<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=32164> acesso em: 11/05/10.

http://www.ufpel.edu.br/igq/livrovirtual/estanteamb_arquivos/enxofre.pdf acesso em: 11/05/10.

HUANG, J.W.; PELLET, D.M.; PAPERNIK, L.A. & KOCHIAN, L.V. Aluminum interactions with voltage-dependent calcium transport in plasma membrane vesicles isolated from roots of aluminum-sensitive and resistant wheat cultivars. *Plant Physiol.*, 110:561-569, 1996.

JORDAN, H.V.; ENSMINGER, L.E. The role of sulphur in soil fertility. *Advance in Agronomy*, Madison, v. 10, p. 407-434, 1958.

LIU, J.; HUE, N.V. Ameliorating subsoil acidity by surface application of calcium fulvates derived from common organic materials. *Biology and Fertility of Soils*, Berlin, v.21, n.4, p.264-270, 1996.

LOBO, M.F.G.; SILVA, M.R.A. Estudo da adubação verde em solo de áreas em recuperação. ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, IX, Universidade do Vale do Paraíba, São José dos Campos, SP. 2008.

LUZ, P. H.C., disponível em:
<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/Crotalaria/Crotalaria.htm> acesso: 11/05/2010.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H. J. Desordens nutricionais no cerrado. Piracicaba: POTAFOS, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E. 1998. Adubação Mineral e suas relações com doenças das plantas-a visão de um nutricionista de plantas. Workshop A Interface Solo-Raiz (Rizosfera) e Relações com a Disponibilidade de Nutrientes, a Nutrição e as Doenças das Plantas. POTAFOS, ESALQ, CEA. Piracicaba.60p.

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

MALAVOLTA, E. Elementos de nutrição mineral de plantas. São Paulo : Ed. Agronômica Ceres, 1980. 256p.

MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p.

MALAVOLTA, E., ABC da Adubação. 5ª ed. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1989. 292p.

MALAVOLTA, E. *Manual de química agrícola: adubos e adubação*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 1967. 606p.

MELLES, C.C.A.; SILVA, C.M. de. Culturas intercalares. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.4, n.44, p.70-71, 1978.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. Principles of plant nutrition. 5.ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849 p.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. Nutrição mineral de plantas. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p.281-298.

MIYASAKA, S. Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas do Estado de São Paulo. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 109p.

MIYASAKA, S. Histórico de estudos de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: FUNDAÇÃO CARGILL. Adubação verde no Brasil. Campinas, 1984. p. 64- 123.

MURAOKA, T. Utilização de técnicas nucleares nos estudos da adubação verde. In: ENCONTRO SOBRE ADUBAÇÃO VERDE, Rio de Janeiro, 1983. *Anais*. Campinas, Fundação Cargill, 1984. p.330.

NENE, Y. L.; SHEILA, V. K. Pigeonpea: geography and importance. In: NENE, Y. L.; HALL, S.D.; SHEILA, V.K. (Eds.). *The Pigeonpea*. Cambridge: CAB International/ICRISAT, 1990. p.1- 14.

NOGUEIRA, M., disponível em:

<http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=32164>

acesso em: 11/05/10

NOVAES, N. J.; VITTI, G. C.; MANZANO, A.; ESTEVES, S. N.; GIROTTO, C. R. Efeito da fosfatagem, adubagem e gessagem na cultura do guandu. I. Produção de matéria seca e proteína, e teores de proteína e fibra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 23, n. 9, p. 1049 – 1054, 1988.

NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., et al. Fertilidade dos solos. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007.

NZIGUHEBA, G; SMOLDERS, E; MERCKX, R. Sulphur immobilization and availability in soils assessed using isotope dilution. *Soil Biology & Biochemistry*, v. 37 p.635–644, 2005.

OLIVEIRA, L. A. M. de; SOUZA, A. E. de. Balanço Mineral Brasileiro 2001: potássio. DNPM/SE, Brasília, v. 21. p. 95-96, 2001.

PAULO, E. M.; BERTON, R. S.; CAVICHIOLI, J. C.; BULISANI, E. A.; KASAI, F. S. Produtividade do café Apoatã em consórcio com leguminosas na região da Alta Paulista. *Bragantia*, Campinas, v. 60, n. 3, p. 195- 199, 2001.

PAVAN, M.A.; BINGHAM, F.T. & PRATT, P.F. Toxicity of aluminium to coffee in Ultisol and Oxisols amended with CaCO₃ and CaSO₄. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 46:1201-1207, 1982.

RAIJ, B. van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas, Instituto Agrônomo, 2001. 285p.

RAIJ, B.V. Fertilidade do solo e adubação. *Agronômica Ceres*, São Paulo. 343 p. 1991.

RAMOS, G. M. Recomendações práticas para o cultivo do guandu para produção de feno. Teresina: EMBRAPA/CPAMN, 1994. 16 p. (Circular Técnica, 13).

RICCI, M. dos S.F.; AGUIAR, L.A. de. 2003. Influência da adubação verde sobre o crescimento, produtividade e teor de nitrogênio no tecido foliar do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) sob manejo orgânico. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 3., 2003, Brasília. Anais...Brasília: Embrapa Café. p.420-421.

RITCHEY, K.D.; SILVA, J.E. & COSTA, U.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. *Soil Sci.*, 133:378-382, 1982.

SAGRILO, E.; GIRÃO, E.S.; BARBOSA, F.J.V.; RAMOS, G.M.; AZEVEDO, J.N.; MEDEIROS, L.P.; ARAÚJO NETO, R.B.; LEAL, T.M. Agricultura familiar. Teresina: EMBRAPA Meio Norte, 1993. (EMBRAPA Meio Norte. Sistema de Produção, 1). SANTOS, J. C. F., disponível em: <http://www.revistacafeicultura.com.br/index.php?tipo=ler&mat=3696> acesso em: 11/05/2010

SEIFFERT, N.F.; THIAGO, L.R.L. Legumineira: cultura forrageira para produção de proteína. Campo Grande: EMBRAPA Gado de Corte, 1983. 52 p. (Circular Técnica, 13).

SORATO, R.P. & CRUSCIOL, C.A.C. Cátions hidrossolúveis na parte aérea de culturas anuais mediante aplicação de calcário e gesso na superfície. *R. Bras. Ci. Solo*, 31:81-90, 2007.

SUMNER, M.E.; SHAHANDEH, H.; BOUTON, J. & HAMMEL, J. Amelioration of an acid soil through deep liming and surface application of gypsum. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 50:1254- 1278, 1986.

TAIZ, L. & ZEIGER, E. Plant physiology. Redwood City, Benjamin/Cummings Publishing Company, 1991. 565p.

THOMAS, R.J. & ASAKAWA, N.M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biol. Biochem.*, 25:1351-1361, 1993.

THOMAS, M.D; HENDRICKS, R.H; HILL, G.R. Sulfur metabolism in alfafa. *Soil Science*, Baltimore, v. 70, p. 19-26, 1950.

TOBITA, S.; ITO, O.; MATSUNAGA, R.; RAO, T. P.; REGO, T. J.; JOHANSEN, C.; YONEYAMA, T. Field evaluation of nitrogen fixation and use of nitrogen fertilizer by sorghum/pigeon pea intercropping on an Alfisol in Indian semiarid tropics. *Biology and Fertility Soils*, v. 17, p. 241- 48, 1994.

VALE, F. R. do; GUEDES, G. A.; Guilherme, L. R. G. 1995. Manejo da fertilidade do solo. UFLA/FAEPE. Lavras, MG. 206 p.

VIEIRA, C. O feijão em cultivos consorciados. Viçosa: UFV, 1985. 134 p.

VIEIRA, R F.; VIEIRA, C.; VIEIRA, R.F. Leguminosas graníferas. Viçosa: Editora UFV, 2001. 206 p.

WUTKE, E.B., BULISANI, E.A., MASCARENHA H.A.A. Adubação verde: Manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. I Curso sobre adubação verde. Campinas: Instituto Agrônômico de Campinas, 1993. 121 p.

YAMADA, T; ABDALLA., S.R.S. (Ed.). Simpósio destaca a essencialidade do fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Potafós, Junho/2003, p.1. (Informações Agronômicas, 102).