

BIANCA DE JESUS SOUZA

ADUBAÇÃO VERDE: USO POR AGRICULTORES AGROECOLÓGICOS E O
EFEITO RESIDUAL NO SOLO

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2014

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa

T

S729a Souza, Bianca de Jesus, 1987-
2014 Adubação verde: uso por agricultores agroecológicos e o efeito residual no solo / Bianca de Jesus Souza. - Viçosa, MG, 2014.
ix, 64f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Adubação verde. 2. Leguminosa. 3. Agroecologia. 4. Fixação biológica. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Agroecologia. II. Título.

CDD 22. ed. 631.874

BIANCA DE JESUS SOUZA

ADUBAÇÃO VERDE: USO POR AGRICULTORES AGROECOLÓGICOS E O
EFEITO RESIDUAL NO SOLO

Dissertação apresentada à Universidade
Federal de Viçosa, como parte das exigências
do Programa de Pós-Graduação em
Agroecologia, para obtenção do título de
Magister Scientiae.

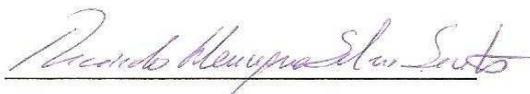
APROVADA: 27 de fevereiro de 2014.



Tatiana Pires Barrella



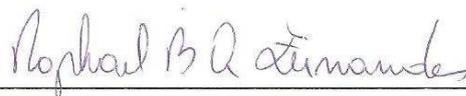
Gilberto Bernardo de Freitas



Ricardo Henrique Silva Sanios
(Coorientador)



Teógenes Senna de Oliveira
(Coorientador)



Raphael Bragança Alves Fernandes
(Orientador)

AGRADECIMENTO

Antes de tudo, a Deus, que fez tudo da melhor maneira possível!

À minha mãe, por toda força, amor, carinho compreensão em todas as horas.

Ao professor e orientador Raphael, que teve acima de tudo paciência, ensinamento, confiança, amizade, orientação e, ainda pela força, desde o início.

Aos professores Ricardo e Teógenes pela co-orientação.

À professora Tatiana desde sempre e ao professor Gilberto por terem aceitado fazer parte da avaliação.

A todos os demais professores que direta ou indiretamente participaram para que eu conseguisse!

À minha mãe novamente, meu pai, Ju, Mateus, Filipe, Rodrigo, Lú, Igor, Julieta e Larissa...simplesmente por estarem presentes neste momento.

Aos meus amigos que me acompanharam nas horas que mais precisei, em especial a Adalgisa, Paulo, Filipe e Guilherme!!!

Aos amigos de gole, de laboratório e várias coisas mais, Thuany, Gustavo, Douglas, Sorriso, Steliane, Mariane, Elaine Lucas, Cristiano, Aristides, por todas as horas bacanas!!!

A todos os agricultores que disponibilizaram parte do tempo para me passar conhecimento além do que eu aprenderia na academia, em especial, a Nivaldo.

Às instituições de pesquisa e extensão pelas informações prestadas, a EPAMIG, EMATER, CTA-ZM e REDE.

À UFV por todo apoio à pesquisa, principalmente ao Departamento de Solos.

Ao professor Casali e ao laboratório de homeopatia que serviram de base por inúmeras vezes.

À Dani, Brás, Claudio, Luís Fernando, Beto, Carlos, Edilson e Lula por todo apoio dentro dos laboratórios.

À CAPES, pela bolsa concedida.

Aos amigos que fiz nesses dois anos e vou levar pela vida toda!

Enfim, a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que tudo fosse feito!!

Biografia

Nascida em Viçosa, Minas Gerais, filha de Maria Aparecida de Jesus Souza e Antonio Celso de Souza, no ano de 2007 foi fazer a graduação no município de Rio Pomba, MG. Coursou no Instituto Federal do Sudeste de Minas Gerais – *Campus* Rio Pomba, o curso de Tecnólogo em Agroecologia, em 2010 iniciou a complementação para o Bacharel em Agroecologia. Em 2012 se formou iniciando em seguida o Mestrado em Agroecologia na Universidade Federal de Viçosa.

Sumário

RESUMO.....	VI
ABSTRACT.....	VIII
Introdução geral.....	1
1. Histórico da adubação verde	1
2. Fixação Biológica de Nitrogênio	3
3. O nitrogênio	3
4. Produção e utilização do N	4
5. Isótopo ¹⁵N	4
6. Justificativa	5
7. Referências	6
Capítulo 1	8
Percepção de agricultores agroecológicos da região Sudeste de Minas Gerais quanto ao uso da adubação verde	8
1. Introdução	8
2. Material e métodos	10
2.1. Escolha das propriedades	10
2.2. Entrevista	11
2.3. Caracterização dos municípios visitados	13
2.4. Comitê de Ética	14
2.5. Análise dos dados	14
3. Resultados	15
3.1. Caracterização das famílias	15
3.2. Caracterização das propriedades	16
3.5. As espécies utilizadas como adubo verde	21
3.6. Culturas cultivadas com adubos verdes	24
3.7. O manejo dos adubos verdes	25
3.8. Benefícios e dificuldades da adubação verde	28
4. Conclusões	34
5. Referências	35
Capítulo 2	38
Dinâmica do solo em diferentes épocas e profundidades em resposta à adubação verde	38
1. Introdução	38
2. Material e métodos	40

2.1. Coleta das amostras	42
2.2. Avaliações efetuadas	43
2.3. Análises estatísticas.....	44
3. Resultados	45
3.1. Caracterização geral das amostras de substrato	45
3.2. Análise dos tratamentos	45
3.3. Efeito da aplicação do adubo verde (C1)	45
3.4. Comparação entre ausência e presença do adubo verde (C1)	55
3.5. Comparação entre doses (baixa e alta) do adubo verde (C2)	56
3.6. Comparação entre épocas de aplicação do ¹⁵ N na menor dose de adubo verde (C3)	57
3.7. Comparação entre épocas de aplicação do ¹⁵ N na maior dose de adubo verde (C4)	58
4. Conclusões	60
Conclusões gerais	61
5. Referências	62

RESUMO

SOUZA, Bianca de Jesus, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, Fevereiro, 2014. **Adubação verde: uso por agricultores agroecológicos e o efeito residual no solo.** Orientador: Raphael Bragança Alves Fernandes. Co-orientadores: Ricardo Henrique Silva Santos e Teógenes Senna de Oliveira.

A adubação verde é uma prática capaz de trazer diversos benefícios ao sistema produtivo. Um desses benefícios é a possibilidade de haver incorporação de nitrogênio atmosférico no solo pela utilização de leguminosas ou outras espécies fixadoras. Muitos agricultores reconhecem este potencial, mas alguns fatores podem limitar a adoção desta prática, o que merece ser mais bem avaliado. Pouco se sabe também sobre a dinâmica do N, no solo adicionado via adubação verde. Neste sentido, este trabalho foi realizado com os objetivos de identificar critérios de escolha e formas de uso e manejo de adubos verdes por agricultores agroecológicos da região sudeste de Minas Gerais, bem como avaliar o solo sob manejo de adubação verde com leguminosas, em diferentes épocas e diferentes profundidades. Entrevistas foram realizadas e os dados analisados por estatística descritiva, para identificação dos motivos que levam os agricultores à adoção e manutenção desta prática, além do manejo empregado. Paralelamente foram feitas análises de quatro profundidades (0-5; 5-10; 10-20; 20-40 cm) do solo de um experimento conduzido em vasos, onde anteriormente havia plantas de café *Oeiras*, adubadas com adubo mineral e diferentes doses de adubo verde. O delineamento adotado foi o de blocos casualizados com cinco tratamentos e quatro repetições. Os tratamentos constaram de: 30% de adubação mineral + 146 g de adubo verde com adição de ^{15}N no ano de 2009; 30% de adubação mineral + 146 g de adubo verde com adição de ^{15}N no ano de 2010; 30% de adubação mineral + 584 g de adubo verde com adição de ^{15}N no ano de 2009 e; 30% de adubação mineral + 584 g de adubo verde com adição de ^{15}N no ano de 2010 e uma testemunha (30% de adubação mineral;). As análises

estatísticas foram realizadas aplicando Contraste Ortogonal com auxílio do programa Sisvar®. Após a análise dos dados, observa-se a importância das entidades de pesquisa e extensão em trabalho conjunto com os agricultores, que foram as principais responsáveis pelo início do uso da adubação verde para a região, e o principal fator limitante à adoção e manutenção desta prática é a alta demanda de mão de obra. Observou-se também que o incremento do solo com adubos verdes favoreceu um aumento no teor de carbono orgânico total e nitrogênio total em todas as profundidades avaliadas. Em relação ao comportamento do ^{15}N , observou-se que embora a aplicação de maior dose resulte em teores mais elevados de N derivado do adubo verde no solo, essa elevação é menor do que a esperada em função da dose, sugerindo que ocorre também maior absorção de N pelo cafeeiro e ou maior perda de N com a dose mais elevada.

ABSTRACT

SOUZA, Bianca de Jesus, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2014. **Use of Green Manure by agroecological farmers and its residual effect on soil.** Advisor: Raphael Bragança Alves Fernandes. Co-advisors: Ricardo Henrique Silva Santos and Teógenes Senna de Oliveira.

Green manure can bring many benefits to the productive system, including the possible incorporation of atmospheric nitrogen in soil by use of legumes or other fixing species. Many farmers recognize this potential, but some factors that may limit such practice deserve closer investigation. Little is also known about the dynamics of N on soil that received green manure. Thus, this study aimed to identify selection criteria and forms of use and management of green manure by agro ecological farmers in the Southeastern Minas Gerais state, and evaluate the soil submitted to green manure management with legumes at different times and different depths. Interviews were conducted and the data were analyzed by descriptive statistics so as to identify the reasons that led farmers to adopt and maintain this practice and this type of management. At the same time, analyses were conducted at four depths (0-5; 5-10; 10-20; 20-40 cm) of the soil from an experiment conducted in vases, where Oeiras coffee plants had been previously cultivated and fertilized with mineral fertilizer and different doses of green manure. The experiment was arranged in a randomized block design with five treatments and four replications. The treatments consisted of: 30% of mineral fertilizer + 146 g of green manure with addition of ^{15}N , in 2009; 30% of mineral fertilizer + 146 g of green manure with addition of ^{15}N , in 2010; 30% of mineral fertilizer + 584 g of green manure with addition of ^{15}N , in 2009 and; 30% of mineral fertilizer + 584 g of green manure with addition of ^{15}N , in 2010; and a control (30% of mineral manure;). The statistical analyses were performed by applying Orthogonal Contrast with the aid of the Sisvar® system. After data analysis, we noticed the relevance of institutions of research

and extension that work with farmers, which were the main responsible for starting the use of green manure in the region. The high demand for labor is the greatest hindrance to the adoption and maintenance of this practice. It was also observed that soil improved by green manure led to increased levels of total organic carbon and total nitrogen at all depths assessed. As for the behavior of ^{15}N , it was found that the use of a higher dose results in higher contents of N derived from green manure in the soil, but this increase is smaller than that expected according to the dose, which suggests that increased N absorption by coffee and/or greater loss of N also occur, due to a higher dose.

Keywords: legumes; agro ecology; biological fixation; nitrogen.

Introdução geral

1. Histórico da adubação verde

A adubação verde é uma prática antiga na agricultura, com registros de utilização desde os habitantes das margens dos lagos suíços por volta dos anos 4.000 a 5.000 a.C., que empiricamente adotavam este procedimento (Souza et al., 2012). Esses autores relatam uma das primeiras referências descritas no Brasil a respeito da adubação verde, fazendo referência ao trabalho de D'utra, que, em 1919, descreveu “o efeito melhorador das culturas de enterrio é hoje um fato universalmente admitido, dependendo o êxito e a sua importância prática somente do estudo e da escolha das plantas a utilizar para tal fim, em cada região, segundo a natureza da cultura que se quer beneficiar e das diversas circunstâncias naturais e econômicas em que se operam”.

Com o intuito de se descrever, a adubação verde pode ser entendida como uma prática agrícola que propõe o cultivo e, ou a utilização de determinadas espécies de plantas para a produção de biomassa como fonte de nutrientes e para a proteção do solo. Esta prática pode ser utilizada em sistema de rotação, sucessão ou consórcio com outras culturas, ou após o corte serem adicionadas ao solo, objetivando manter ou aumentar a matéria orgânica, deixando-o em melhores condições para o desenvolvimento da cultura de interesse comercial e, principalmente, o fornecimento de N pelo emprego de leguminosas (Alcântara, 2009; Souza et al., 2012).

Esta prática vem sendo utilizada por agricultores para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos. A escolha do adubo verde depende da época a ser cultivada e dos objetivos que se deseja, como por exemplo, para controle de plantas espontâneas, para melhoria da fertilidade ou de uma forma geral, visando a melhoria da qualidade do solo. Deixado sobre o solo, o adubo verde promove a cobertura, proteção e mantém a umidade e, quando feita a incorporação, ganha-se em melhoria das

características físicas e químicas do solo (Faria et al., 2004; Espíndola et al., 2005).

Os benefícios adquiridos com a adubação verde estão relacionados com o aumento da matéria orgânica no sistema produtivo, a redução dos efeitos da acidez no solo, entre outros (Dias et al., 2011). A cobertura proporcionada pelo adubo verde protege o solo do impacto direto da gota d'água, diminuindo os riscos de erosão e ainda aumentando a capacidade de infiltração. A matéria orgânica adicionada é também capaz de contribuir para a redução da densidade do solo, melhoria da aeração e a drenagem.

Um dos mais importantes benefícios da adubação verde é a possibilidade de haver a incorporação de N_2 atmosférico no solo, quando se utiliza de leguminosas ou outras espécies fixadoras (Döbereiner, 1997). O N é um nutriente essencial para a produção das culturas e a utilização de produtos de fontes industriais requer grande gasto energético e uso de matérias-primas não renováveis, associado a um custo nem sempre acessível a grande parte dos agricultores. Portanto, a possibilidade de se conseguir a fixação biológica do N com adubos verdes é importante do ponto de vista ambiental, revertendo-se ainda em economia e ganhos de produtividade (Padovan et al., 2011; Lázaro et al., 2013).

Muitas pesquisas com adubação verde foram desenvolvidas no Brasil até meados da década de 1960, quando se instalou no país o modelo de agricultura trazido pela revolução verde. Neste novo modelo, a força de produção centrou-se na vertente química e mecânica, relegando a um segundo plano as práticas biológicas e vegetativas. Na contramão desta tendência de modernização da agricultura, alguns cientistas acreditaram que a fixação biológica de nitrogênio (FBN) poderia conseguir competir com os fertilizantes minerais (Pereira et al. 2012). Neste sentido, merecem destaque os trabalhos do grupo da pesquisadora Johanna Döbereiner que iniciaram um programa de pesquisas sobre os aspectos limitantes da FBN em leguminosas tropicais (Döbereiner, 1997; Corrêa, 2011). A FBN tem trazido grandes benefícios econômicos ao país, situando-nos como um dos maiores produtores e exportadores de soja do mundo. A economia anual estimada de fertilizantes nitrogenados somente para esta cultura com a prática da FBN é estimada em mais de um bilhão de dólares (Corrêa, 2011).

2. Fixação Biológica de Nitrogênio

A FBN é um processo no qual alguns gêneros de bactérias captam o N do ar, tornando-o acessível para ser assimilável pelas plantas. Essa transformação é realizada por bactérias fixadoras e algumas algas azuis (Cianobactérias). Antes de ser absorvido por esses microrganismos, o N é retirado do ar e transformado em amônia solúvel em água, estando assim, disponível para as plantas. Algumas plantas associam-se com bactérias fixadoras, permitindo a retirada do N diretamente do ar e disponibilizando-o no solo. Dentre essas bactérias fixadoras, destacam-se as da família *Rhizobiaceae* com grande afinidade por algumas espécies de leguminosas, e que são facilmente observadas pela formação de nódulo nas raízes (Baldani e Baldani, 2005).

A FBN também pode ocorrer em plantas não-leguminosas, nas quais as bactérias fixadoras, chamadas microrganismos endofíticos, atuam no interior dos vegetais. Tal situação é observada na cana-de-açúcar, cereais e algumas gramíneas forrageiras. Para essas culturas, recomenda-se o cultivo em consórcio com culturas mais eficientes na fixação simbiótica ou mesmo executar a adubação verde antes do cultivo da cultura de maior interesse (Baldani e Baldani, 2005).

3. O nitrogênio

Sabe-se que o N é um macronutriente essencial para as plantas, e também um dos maiores limitantes para o pleno desenvolvimento vegetal. É um nutriente fundamental para a constituição das proteínas, ácidos nucleicos, alguns hormônios e clorofila (Novais et al., 2007). No solo, o N apresenta-se na solução nas formas iônicas NO_3^- , NO_2^- ou NH_4^+ e associado, principalmente, às frações húmicas. As formas de N apresentam elevada mobilidade, tendo em vista os processos que podem ocorrer a partir de sua utilização pela microbiota do solo, sendo ainda facilmente perdido por lixiviação e volatilização (Cantarella, 2007).

Dentre as fontes possíveis de N na natureza, destacam-se as descargas elétricas, responsáveis por 6 % do total produzido; a fixação biológica, que responde por 56 % da produção do elemento e a fixação industrial, que

representa 26 % de todo o N gerado no planeta. Essa última fonte de N, que se corresponde a sua obtenção de forma não natural, é conseguida por meio do processo conhecido como Haber-Bosch, no qual ocorre a síntese industrial da amônia sob o efeito de alta temperatura e pressão (Malavolta e Moraes, 2006). Esta fonte industrial é que garante, dentro outras aplicações, a produção de fertilizantes químicos nitrogenados, base da agricultura intensiva moderna.

4. Produção e utilização do N

O processo Haber-Bosch foi um dos grandes pilares de suporte para a demanda de N com vistas à produção de alimentos no mundo. No entanto, e por outro lado, não se pode deixar de destacar que, para se produzir uma tonelada de N, gasta-se 1,3 toneladas de combustível fóssil em condições de alta pressão (35 a 100 MPa) e temperatura (300 a 400 °C) (Marin et al., 1999).

O uso de matérias-primas não renováveis associado ao grande gasto energético para a produção industrial do N torna os adubos nitrogenados um componente da produção nem sempre acessível a uma grande parte dos agricultores, em especial os de base familiar.

Outros problemas do uso dos adubos nitrogenados devem ser considerados para além do alto dispêndio de energia. Uma vez que esses produtos químicos possuem alta solubilidade, a eles são associados problemas de contaminação das águas superficiais e subsuperficiais, e também de alimentos. A alta solubilidade favorece a lixiviação do N no perfil do solo, impactando as águas em especial pelos processos de eutrofização decorrentes e, seu excesso no solo pode ainda causar toxicidade em plantas, a liberação de N₂O e incrementos na emissão de CO₂ pelo aumento da atividade microbiana, ambos gases que contribuem para o aquecimento global (Garcia et al., 2011; Bortoli, M., 2012; Döbereiner 1992; Kennedy e Cocking, 1997.).

5. Isótopo ¹⁵N

O N é o principal aporte nutricional feito pelas leguminosas, e uma forma de refinar o seu estudo é através das técnicas isotópicas. Ao utilizar de tais técnicas, é possível que se aumente a concentração do ¹⁵N acima do que é considerada abundância natural. De todo o N existente, há uma relação de 99,634% de átomos do ¹⁴N, e 0,3663% do ¹⁵N. Neste sentido, o ¹⁵N é utilizado

como marcador, principalmente no cultivo de adubos verdes, no intuito de determinar o N proveniente da FBN. (AMBROSANO et al., 2003).

6. Justificativa

De forma resumida, o investimento no uso da adubação verde como prática agrícola pode ser justificado pelas seguintes razões (Gerlach et al., 2013; Ferreira et al., 2012), dentre outras: i) alto gasto com adubação nitrogenada industrial na produção agrícola; ii) perspectiva de aumento da fertilidade e melhoria da estruturação do solo; iii) uso na implantação e manutenção de culturas para o mercado de orgânicos; iv) eficiência do processo de fixação biológica do nitrogênio; e, v) perspectiva de independência do pequeno agricultor no quesito adubação.

Na tentativa de aliar a pesquisa pontual em campo experimental à experiência obtida por agricultores, buscou-se no presente trabalho fazer uma identificação dos critérios de uso e o manejo de adubos verdes utilizado por agricultores agroecológicos da região Sudeste de Minas gerais, e ainda, busca avaliar o solo sob manejo de adubação verde com leguminosas, em diferentes, épocas e diferentes profundidades.

7. Referências

- ALCÂNTARA, F. A.; As vantagens da adubação verde; Embrapa Hortaliças; Disponível em: www.e-campo.com.br. Acesso em: 12/11/2013.
- AMBROSANO, E. J. et al. Nitrogen-15 labeling of *Crotalaria juncea* Green manure. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n.1, p. 181-184, Jan./Mar. 2003.
- BALDANI, J. I. e BALDANI, V. L. D. História da pesquisa fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: especial ênfase na experiência brasileira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77.3. 549-579. 2005
- BORTOLI, MARCELO; KUNZ, A., SOARES, H. M., BELLI FILHO, P., & DA COSTA, R. H. R., Emissão de óxido nitroso nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes. *Eng Sanit Ambient*, v. 17, n. 1, p. 1-6, 2012.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. *Fertilidade do solo*. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.375-470. 2007.
- CORRÊA, F.G.C.; DÖBEREINER, J. A Biotecnologia e a revolução agrônoma (1924-2000). *Revista Eletrônica Estratégia Brasileira de Defesa - A Política e as Forças Armadas em Debate*, Rio de Janeiro, nº 17, 2011.
- DIAS, MARCELO MOREIRA; ANNA LYGIA DE RESENDE MACIEL; GERUZA DA COSTA FRANCO ANUNCIAÇÃO. "Avaliação da fertilidade do solo cultivado com cafeeiro cv. Rubi em consórcio com leguminosas na região sul de Minas Gerais." VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Araxá - MG (2011).
- DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. *Biotecnologia Ciência*, 2-3. 1997.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M; ASSIS, R. L (Ed.) *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília: Embrapa: 435-451.2005.

- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v 28, 2004.
- GARCIA, J., VICENTE, H. & ARTEIRO, J., Estudo do Comportamento Ambiental do Azoto em Zonas de Intensa Actividade Pecuária. In P. Carrott, C. Galacho, P. Mendes, M. Figueiredo, T. Ferreira & A. Teixeira Eds., *Jornadas do Centro de Química de Évora 2011*, pp. 30, Universidade de Évora Edition, Évora, Portugal, 2011
- KENNEDY E COCKING, Biological nitrogen fixation: the global challenge & future needs. Lake Como, Italy: A position paper, discussed at The Rockefeller Foundation Bellagio Conference Centre, 83p.1997.
- LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17. 2013.
- MALAVOLTA, E. & MORAES, M.F. O nitrogênio na agricultura brasileira. *Série Estudos e Documentos. CETEM, MCT*, 72p .2006.
- MARIN, J. O. B. Agricultores familiares e os desafios da transição agroecológica. *Revista UFG*, ano XI, n. 7, p. 38-45. 2009.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo, *Sociedade Brasileira de Ciência do solo*, Viços, 1ª ed. 741p. 2007.
- PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; MOITINHO, M. R.; CARNEIRO, L. F.; FERNANDES, S. S. L. Desempenho de adubos verdes e o efeito no milho em sucessão. *Cadernos de Agroecologia*, v. 5, n. 1, 2011.
- PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Mossoró – RN, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2012.
- SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L.; Adubação verde e rotação de culturas. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.

Capítulo 1

Percepção de agricultores agroecológicos da região Sudeste de Minas Gerais quanto ao uso da adubação verde

1. Introdução

Tendo em vista a crescente preocupação mundial com as consequências das atividades antrópicas sobre o futuro do planeta, as práticas associadas à agroecologia têm ganhado destaque na agricultura, sendo cada vez mais utilizadas pelos agricultores, principalmente os de base familiar. A adubação verde, inserida nas práticas agroecológicas, possui dentro da perspectiva de melhoria da qualidade do solo e da produtividade das culturas, outros benefícios associados, como pode ser seu uso para alimentação animal, aproveitamento de energia, dentre outras.

Alguns fatores podem ser limitantes quanto ao uso da adubação verde por pequenos agricultores (Alcântara, 2009). O custo das sementes, por exemplo, é um ponto a ser considerado quando se trata da disseminação da prática, devendo-se planejar para que após a aquisição das primeiras sementes, o agricultor possa posteriormente produzi-las, tornando-o independente na aquisição. Outra preocupação é o fato da ocupação da área com uma cultura que não lhe dará retorno econômico imediato. Isto deve estar claro para o agricultor, que deve considerar os benefícios trazidos para o solo e para as demais culturas de interesse, a médio e longo prazo. Uma alternativa quando o espaço se torna fator limitante, é a utilização em forma de consórcio, devendo-se neste caso considerar a época de plantio e o espaçamento para não haver competição por água, luz e nutrientes com a cultura principal. A rotação em forma de rodízio também é uma alternativa quando a disponibilidade de área ou de mão de obra limitar o uso da adubação verde na área total da propriedade (Alcântara 2009).

Atualmente pode-se considerar que os benefícios potenciais da adubação verde sejam notórios, sendo conhecidas diferentes formas de se proceder esta prática, bem como de diferentes espécies de plantas a serem utilizadas. Por outro lado, verifica-se que é grande o número de agricultores que, mesmo conhecendo as vantagens desta prática, não a utiliza. Os motivos pelos quais esses agricultores não lançam mão dos adubos verdes são variados, embora nem sempre sistematizados, assim como também poucos são os registros disponíveis acerca das razões alegadas para alguns que perseveram com essa forma de adubação.

Neste sentido, vários são os trabalhos desenvolvidos com adubação verde, mas poucos são os estudos que buscam o refinamento da compreensão dos fenômenos envolvidos, bem como dos critérios adotados pelos agricultores quanto à seleção, uso e manejo dos adubos verdes.

O presente trabalho busca avaliar a percepção de agricultores que utilizam e/ou já utilizaram a adubação verde, detalhando quais as formas de uso e os manejos adotados que têm proporcionado resultados mais promissores. Para tal, foram considerados como agricultores agroecológicos, aqueles que não fazem uso de agrotóxicos, utilizam de práticas agroecológicas e que são agricultores familiares. O grupo social de agricultores escolhido para este estudo, apresentava alguma proximidade com a adoção da adubação verde, havendo assim maior chance de sucesso quanto aos questionamentos efetuados, seja relatando os benefícios alcançados, as dificuldades encontradas, ou os motivos pelos quais tenha eventualmente desistido desta prática. O trabalho visou também avaliar as formas de manejo adotadas, que não podem ser consideradas generalizadas, e sim adaptadas à cada região, época e culturas de interesse.

Diante do exposto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a percepção de agricultores agroecológicos da região sudeste de Minas Gerais quanto ao uso da adubação verde, buscando identificar os critérios de escolha e manejo dos adubos verdes.

2. Material e métodos

2.1. Escolha das propriedades

Inicialmente foram efetuados contatos com representantes de coletivos sociais vinculados a agricultores agroecológicos, buscando identificar aqueles que trabalham ou já trabalharam com adubação verde. A escolha dos locais a serem estudados foi feita de acordo com as possibilidades de transporte, concordância dos agricultores e dos grupos sociais envolvidos. Assim, foram contatados o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), em Viçosa; a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) – regional Viçosa; a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais (EMATER-MG) – regional Viçosa; a Rede de Intercâmbio de Tecnologias Alternativas (REDE), em Simonésia; além de professores da Universidade Federal de Viçosa (UFV). Com esses parceiros buscou-se a indicação de agricultores agroecológicos que poderiam ser visitados. Adicionalmente, o evento Semana do Fazendeiro da Universidade Federal de Viçosa, também foi um momento para o contato com alguns agricultores.

De todo esse levantamento, foram identificadas 15 famílias de agricultores nos municípios de Viçosa, Ponte Nova, Araponga, Senador Firmino, Simonésia, Caratinga e Silveirânia (Figura 1).

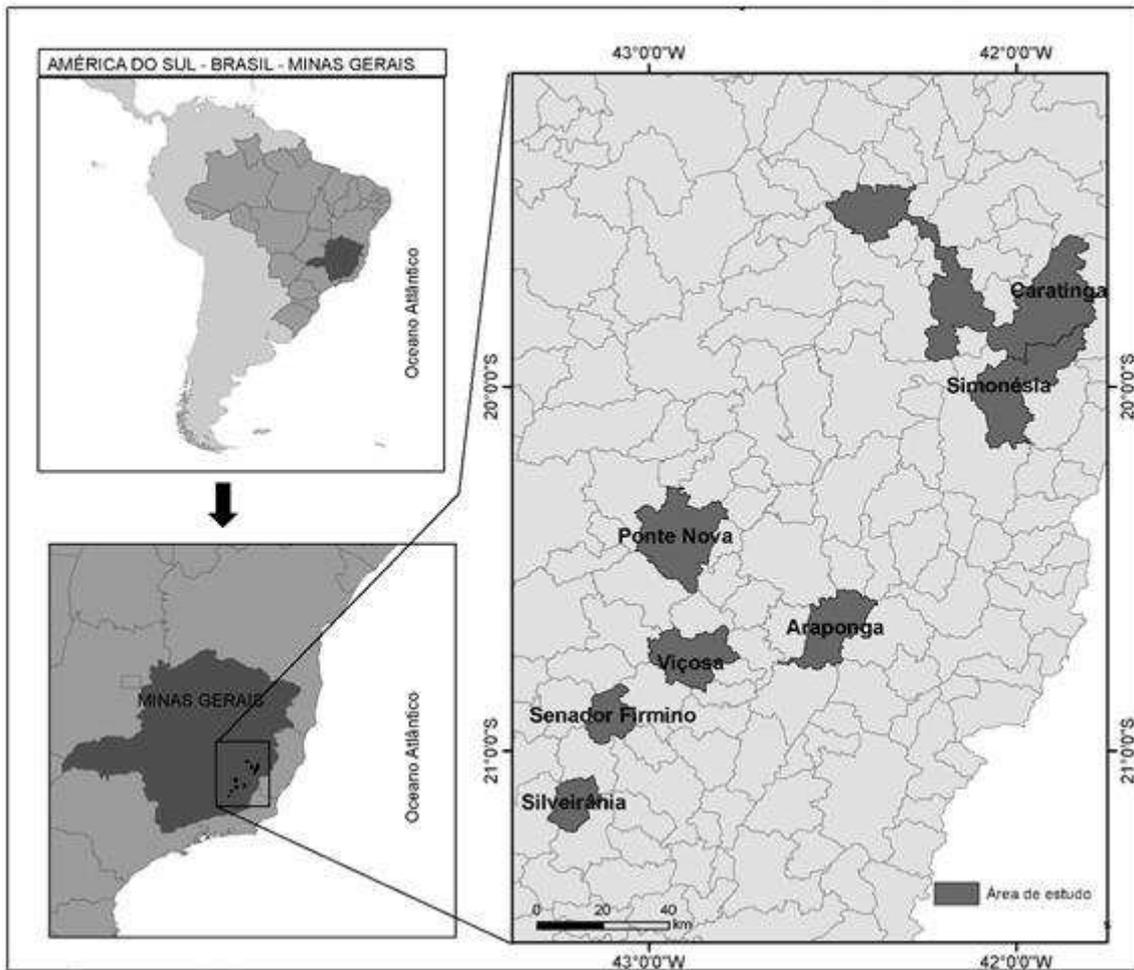


Figura 1 – Mapa de localização dos municípios nos quais agricultores agroecológicos foram entrevistados quanto ao uso de adubação verde.

2.2. Entrevista

A entrevista dos agricultores foi a forma escolhida para sistematizar o recolhimento das informações desejadas. Para facilitar a tabulação e análise dos resultados, um questionário (Figura 2) foi previamente preparado para se avaliar dados gerais dos agricultores e propriedades e sobre o manejo na propriedade, além das formas como se deu ou se dá o uso da adubação verde.

<p>UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA Levantamento de uso de adubação verde Programa de Mestrado em Agroecologia Bianca de Jesus Souza – 72851 Orientador: Raphael Braganca Alves Fernandes</p>
<p>Nome (opcional): _____ Idade: _____ Cidade/Estado: _____ Casado: () Não () Sim - Filhos: () Não () Sim - Quantos? _____</p>
<p>Propriedade: Local: _____ Área: _____ Culturas com que trabalha: _____ Criação de animais: _____ Mão-de-obra: Família _____ Empregado _____ Parceiro _____ Outros _____</p>
<p>Adubação verde: Você sabe o que é adubação verde? () Não () Sim Se sim, você utiliza (ou já utilizou) adubação verde? () Não () Sim</p>
<p>• Se não, por quê? () Não conhece () Não sabe como utilizar () Não possui mão-de-obra suficiente () Não possui área suficiente () Outro: _____ Conhece algum adubo verde? () Não () Sim Qual? _____ Para qual cultura é utilizado? _____</p>
<p>• Se sim: Qual adubo verde utiliza (já utilizou)? _____ _____ Em quais culturas? _____ Onde consegue as sementes? _____ Qual o manejo com o adubo verde: Quando planta? _____ Aduba? () Não () Sim - Com o que? _____ Capina? () Não () Sim - Quando corta? _____ Incorpora? () Não () Sim - Outras formas de manejo: _____ _____ Quais as dificuldades encontradas para o uso da adubação verde? _____ _____ Quais as melhorias verificadas nas culturas? _____ _____ Já utilizou (testou) outras espécies que não usa mais? () Não () Sim - Se sim, qual (quais)? _____ Se sim, por que não a(s) utiliza mais? _____ Tem interesse em testar alguma outra espécie que ainda não plantou? _____ Teria interesse em participar de um trabalho de levantamento de uso de adubos verdes, mais aprofundado? () Não () Sim - Qual a forma de contato? _____</p>

Figura 2 – Reprodução do questionário utilizado para a entrevista dos agricultores agroecológicos.

A aplicação do questionário ocorreu dentro de um contexto de pesquisa participativa, buscando-se caracterizar o grupo de agricultores que utilizam a prática de adubação verde, bem como, o histórico e a forma de manejo dos adubos, e a listagem das culturas trabalhadas. O questionário foi utilizado também para caracterizar as formas de utilização da adubação verde, buscando verificar como o manejo é/foi realizado e os motivos do abandono ou manutenção da prática. Dentre as questões discutidas com os agricultores, foram destacadas: o manejo de espécies, épocas de plantio e corte e vantagens e dificuldades encontradas para a utilização da adubação verde.

O questionário foi formado por uma primeira parte para a caracterização familiar e da propriedade, contendo nome, origem, relação com a propriedade, as culturas trabalhadas, a presença de animais, e qual a mão de obra utilizada. A segunda parte do questionário tratou especificamente das características associadas à adubação verde.

Em cada entrevista, dedicou-se cerca de 60 a 180 minutos, que variaram segundo a disponibilidade do agricultor e de seus familiares.

2.3. Caracterização dos municípios visitados

As 15 propriedades rurais visitadas estão localizadas na região Sudeste do Estado de Minas Gerais.

A área estudada engloba uma região de clima Tropical Aw e Tropical de Altitude Cwa, segundo a classificação climática de Köppen. Como características regionais, destacam o inverno de frio e seco a ameno e seco, e o verão quente e chuvoso. A temperatura média anual varia de 18 a 26 °C, e a altitude média dos locais estudados variam de 500 (Silveirânia) a 1.040 m (Araponga).

A região engloba ainda o domínio do denominado de Mares de Morro do sudeste brasileiro (AB'Saber, 1966), onde predomina a classe dos Latossolos Vermelho Amarelos, que são solos profundos e muito intemperizados. Na região predomina o uso da terra com exploração agropecuária, com especial destaque para as áreas de pastagem com pecuária extensiva, quase sempre em pequenas propriedades rurais, e também cultivo de café, além das culturas do milho e feijão.

2.4. Comitê de Ética

Como determina a Resolução nº 01/88, do Conselho Nacional de Saúde, que versa sobre Normas de Pesquisa em Saúde, o presente projeto de pesquisa foi previamente incluído na Plataforma Brasil (CAAE 15028213.4.0000.5153) e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com os Seres Humanos da Universidade Federal de Viçosa, conforme parecer 364.278, de 19 de agosto de 2013.

A cada agricultor entrevistado foi apresentado um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que lhe informava das características e objetivos do projeto e todos os contatos necessários dos responsáveis pelo trabalho. O TCLE foi assinado pelo representante responsável pelo projeto e pelo sujeito da pesquisa voluntário.

2.5. Análise dos dados

Os dados obtidos foram tabulados para análise. Quando apropriado, o procedimento da estatística descritiva foi utilizado para os itens avaliados no questionário.

3. Resultados

3.1. Caracterização das famílias

Das 15 famílias entrevistadas, oito foram oriundas do município de Araponga, duas do município de Caratinga e uma de cada um dos seguintes municípios: Viçosa, Senador Firmino, Ponte Nova, Simonésia e Silveirânia. A intenção era entrevistar um maior número de agricultores, o que não foi possível, dada a dificuldade de se encontrar um número considerável que se adequasse ao perfil desejado no tocante à alguma experiência prévia com adubação verde. Essa situação tem sido comum em outros trabalhos, tendo sido reportada por Monteiro et al. (2010) e observada ainda no trabalho de Storch et al. (2004) como algo decorrente do ainda pequeno número de famílias que fazem o uso do cultivo agroecológico.

Em sua maioria (87 %), os agricultores entrevistados eram proprietários de suas terras, apenas um agricultor era arrendatário e outro estava em propriedade que ainda se encontrava em situação de espólio a ser resolvido. A propriedade da terra é algo relevante para as práticas ecológicas em um ambiente em que predominam as práticas convencionais. A dimensão dessa importância pode ser verificada na manifestação de um dos agricultores do município de Araponga, que relatou que somente pôde iniciar o trabalho com agroecologia e adubação verde apenas quando passou a ser o dono da terra, visto que, antes, enquanto era empregado, não podia mudar a forma de trabalho até então consolidada na região.

A idade média dos agricultores entrevistados foi de 49 anos, com variação entre 35 e 75 anos, uma faixa etária adequada para o trabalho de lida no campo. Esses dados também indicam que o tão apregoado envelhecimento do campo brasileiro, com grande percentual de pensionistas rurais, não deve ser generalizado. Famílias de agricultores estavam em 93 % das propriedades, com número médio de filhos de 4,5, número que variou entre zero e 19 filhos. O outro agricultor visitado era solteiro e vive com os pais na propriedade.

3.2. Caracterização das propriedades

O tamanho médio das propriedades visitadas foi 11 ha, variando de 1,5 a 37 ha, tamanho típico de pequenas propriedades rurais da região, que não ultrapassam os quatro módulos fiscais dos municípios visitados. O tamanho também é coerente com grande parte das propriedades dedicadas às propostas agroecológicas, assim como também verificado por Storch et al. (2004), que verificaram que 79 % das propriedades visitadas eram menores que 20 ha.

As principais culturas agrícolas cultivadas pelos agricultores foram (Tabela 1): hortaliças (com grande diversidade, em razão da contínua rotação das culturas), frutíferas (sem especificação, em razão da alta variedade em todas as propriedades, citadas como “pomar”), café, milho e feijão, constituindo 16 espécies diferentes de interesse comercial e/ou para consumo próprio. Hortaliças e frutíferas foram indicadas como culturas trabalhadas em todas as propriedades, seguidas pelo feijão (14 propriedades), milho (13) e café (11). Além dessas, ainda foram citadas: mandioca, amendoim, cana, soja, pastagem, araruta (*Maranta arundinacea*), arroz, palmeira Juçara (*Euterpe edulis*), gergelim, raízes em geral e flores. O número médio de culturas cultivadas por família de agricultores foi de 7,4, variando de dois a 13, e analisando a relação entre tamanho da propriedade e o número de espécies cultivadas (Figura 3), e observa-se que mesmo em pequenas áreas a diversidade é uma constante. As três propriedades de maior extensão merecem algumas ressalvas. Nestes locais a visita de campo indicou tratar de áreas muito declivosas e, ou com grande extensão de áreas de preservação permanente preservadas. Mesmo nestas propriedades com maior relação área/culturas, nota-se um claro indicativo da diversidade de produtos nessas pequenas propriedades rurais, e condizente com a proposta agroecológica das mesmas.

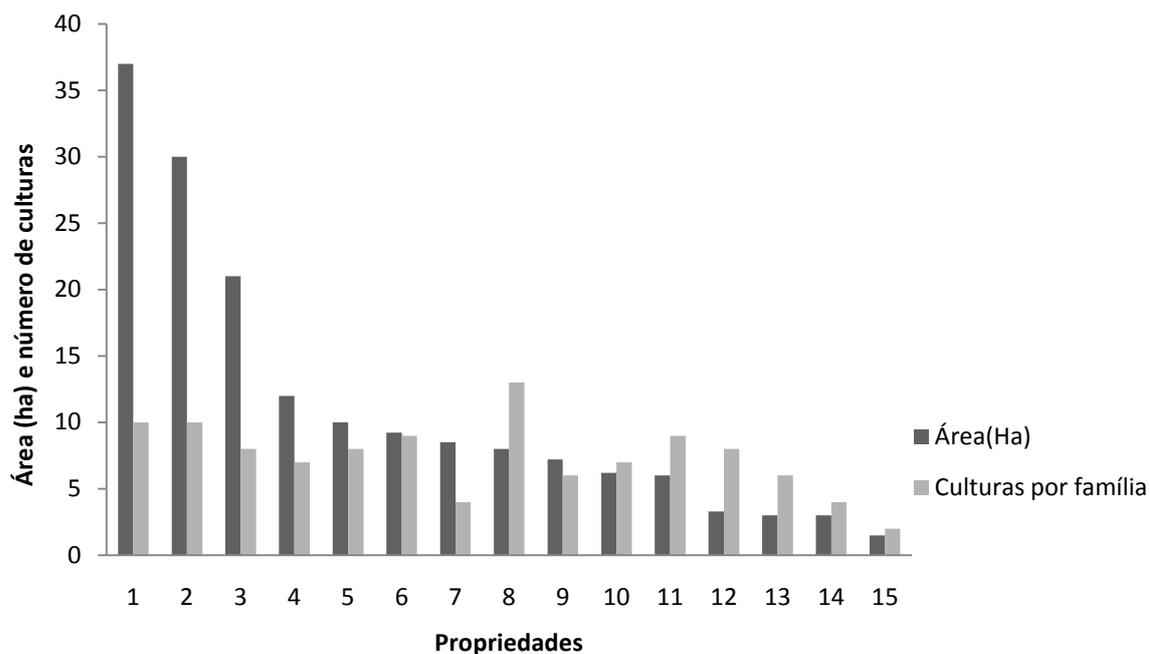


Figura 3 – Área das propriedades rurais e número de culturas cultivadas por família de agricultores.

Tabela 1: Culturas existentes nas propriedades dos agricultores entrevistados.

Culturas cultivadas nas propriedades	Número de entrevistados que citam a espécie
Hortaliças	15
Frutíferas	15
Feijão	14
Milho	13
Café	11
Mandioca	10
Cana	8
Raízes e tubérculos	7
Amendoim	6
Pastagem	5
Açaí(jussara)	2
Arroz	1
Soja	1
Gergelim	1
Araruta	1
Flores	1

A exploração pecuária associada às áreas de pastagens esteve presente em todas as propriedades, de maneira mais ou menos intensa. Nove espécies de animais foram identificadas como utilizadas com propósito comercial ou para uso ou consumo próprio dos agricultores: bovinos, suínos, galinhas, abelhas, cavalos, patos, peixes, coelhos e pássaros (Figura 4). O animal mais presente nas propriedades foi a galinha doméstica, estando em 80% (12 propriedades), seguido por bovinos, em 66,7% (10) e suínos, em 40% (6). O número de espécies de animais por propriedade variou de um a sete, com média de 2,5 animais por propriedade. A lista de animais também reforça a proposta agroecológica das propriedades, na qual a diversidade na pecuária também é utilizada com a finalidade de oferecer opções de renda ao agricultor, ou mesmo para o oferecimento de serviços na propriedade, tais como, produção de esterco, tração animal, polinização de culturas, controle de determinadas pragas. Ao verificar a importância de animais em propriedades familiares rurais e agroecológicas, Tosetto et al. (2013) relatam uma vasta lista de benefícios ao desenvolvimento da agroecologia, que inclui a diversificação da produção e uma relação benéfica entre as atividades desenvolvidas. Adicionalmente, os mesmos autores comentam que a utilização de animais proporciona interesse para outras atividades agrícolas de cunho agroecológico, tais como, construção de SAFs e hortas, a produção de algumas culturas como orgânicos (agregando valor), além de estimular a interação de toda a família, aumentando a auto estima destas.

Propriedades com animais

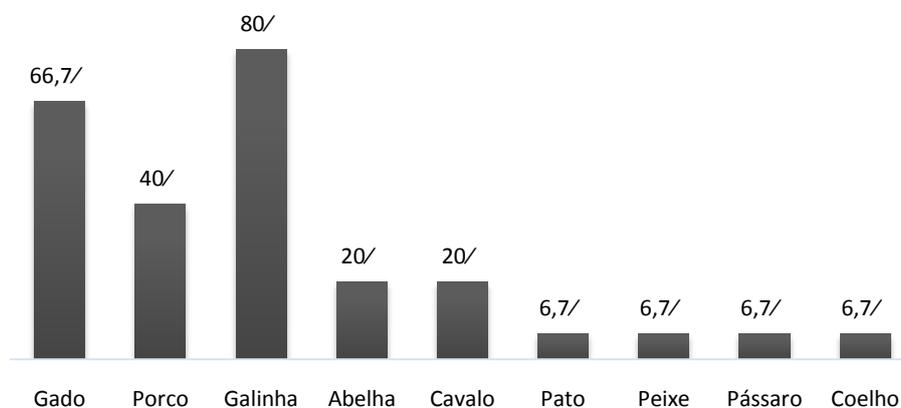


Figura 4 – Presença de espécies identificadas nas propriedades visitadas, indicando em quantas propriedades as espécies estiveram presentes, em função do número total de famílias de agricultores entrevistadas.

Nas propriedades visitadas, a mão de obra prioritariamente utilizada é a familiar, como destacada por 73,3 % (11 propriedades) dos agricultores entrevistados. Somente um agricultor (6,7 %) possui empregado, e outros três agricultores (20 %) trabalham sozinhos e sem o auxílio de familiares, mas em sistemas de parceria com os vizinhos.

3.3. Uso da adubação verde

Tendo em vista que a utilização atual ou passada da adubação verde foi um critério para a escolha dos agricultores a serem visitados, todos os entrevistados demonstraram alguma experiência com a prática.

3.4. Tempo de utilização da adubação verde

O tempo de utilização da adubação verde pelos agricultores variou de um a 28 anos, com média de 13,5 anos (Figura 5). O agricultor de Senador Firmino foi o que iniciou sua experimentação com adubos verdes ainda em meados da década de 1980, relatando ser essa uma tradição da família de longa data. O segundo maior tempo de utilização foi 25 anos, sendo um dos primeiros agricultores em Araponga, a utilizar a prática. Coincidentemente, como relatado por Souza (2006), foi em 1989 que começou uma

experimentação com adubação verde coordenada pelo CTA-ZM junto com os agricultores na região da Zona da Mata. Este trabalho objetivou incrementar a quantidade de matéria orgânica no solo, algo considerado em declínio pelos agricultores e responsável pela degradação das terras. Este período foi citado por cinco dos agricultores entrevistados como o motivo pelo qual estas famílias, todas de Araponga, experimentassem a prática.

O tempo médio de utilização da adubação verde pelos agricultores (13,5 anos) pode ser considerado suficiente para extrair experiências adquiridas. Tal afirmação encontra respaldo em trabalhos como os de Storch et al. (2004) que, ao encontrarem práticas agroecológicas sendo desenvolvidas há mais de quatro anos em 57 % das propriedades visitadas na região Sul do Rio Grande do Sul, consideraram que os agricultores já demonstravam experiência considerável na produção, e caminhavam para a consolidação dessa forma de produção na região.



Figura 5: Tempo (anos) de uso da adubação verde por cada agricultor entrevistado. Cada número representado por 1 a 15 se refere a um agricultor.

3.5. As espécies utilizadas como adubo verde

Ainda que o número de propriedades rurais vinculadas tenha sido abaixo do inicialmente planejado, o número de espécies de plantas utilizadas para a adubação verde consideradas pelos agricultores foi surpreendente e alcançou 32 referências, além do *mato* (Tabela 2). O que foi chamado de *mato* foi assim denominado pelos próprios agricultores com referência a diferentes espécies de vegetação espontânea, que sendo utilizadas como plantas de cobertura e/ou incorporadas, são consideradas como adubação verde. A média de espécies em utilização ou já utilizadas por cada agricultor foi de 6,1, variando entre uma a 12 tipos de plantas. Tanto o número total, como a quantidade média de espécies indicadas, refletem a biodiversidade manejada por esses agricultores em seu manejo agroecológico, traduzindo em um arsenal potencial de informações que, uma vez sistematizadas, poderão servir de base para futuras iniciativas na região quanto à utilização de adubos verdes e sua promoção.

Espécies da família Fabaceae foram as mais indicadas como adubo verde, representando mais da metade das espécies elencadas pelos agricultores. A justificativa para que esta família seja a mais utilizada, pode ser associado ao fato de serem as também denominadas leguminosas, podem ser reconhecidas pela capacidade de aporte de N ao solo, o que acarreta, além de outros benefícios observados com o uso dessas plantas, uma economia no uso do adubo nitrogenado industrial. Outras doze famílias de plantas foram representadas por alguma de suas espécies: Annonaceae, Asteraceae, Bombacaceae, Brassicaceae, Bromeliaceae, Euphorbiaceae, Lauraceae, Musaceae, Poaceae, Rutaceae, Solanaceae e Urticaceae.

Tabela 2 - Plantas indicadas como adubos verdes pelos agricultores entrevistados

Nome popular	Nome científico	Família	N	Município
Abacate	<i>Persea Americana</i>	Lauraceae	1	ARA
Abacaxi	<i>Ananas sp.</i>	Bromeliaceae	1	ARA
Amendoim	<i>Arachis hypogaea L.</i>	Fabaceae	1	ARA
Amendoim forrageiro	<i>Arachis pintoii</i>	Fabaceae	5	ARA, CAR, SIL
Araticum	<i>Annona coriácea</i>	Annonaceae	1	ARA
Arroz (palha)	<i>Oryza sativa</i>	Poaceae	1	SIL
Aveia preta	<i>Avena strigosa</i>	Poaceae	1	SIL
Bananeira	<i>Musa sp.</i>	Musaceae	1	ARA
Braquiária	<i>Brachiaria decumbens</i>	Poaceae	1	VIC
Calopogônio	<i>Calopogonium muconoide</i>	Fabaceae	5	ARA, CAR
Capoeira branca	<i>Solanum granuloso</i>	Solanaceae	1	ARA
Crotalária	<i>Crotalaria spectabilis</i>	Fabaceae	2	ARA, SIM
Crotaláriajuncea	<i>Crotalaria juncea</i>	Fabaceae	7	VIC, ARA, CAR, SIM
Desmodium	<i>Desmodium gangeticum</i>	Fabaceae	1	SIM
Embaúba	<i>Cecropia sp.</i>	Urticaceae	1	ARA
Fedegoso	<i>Senna occidentalis</i>	Fabaceae	2	ARA
Feijão	<i>Phaseolus vulgaris</i>	Fabaceae	2	SF, ARA
Feijão guandu	<i>Cajanus cajan</i>	Fabaceae	8	ARA, CAR
Feijão-de-porco	<i>Canavalia ensiformis</i>	Fabaceae	8	ARA, VIC, CAR
Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	Asteraceae	1	CAR
Ingá	<i>Inga sp.</i>	Fabaceae	2	ARA, SIL
Lablabe	<i>Dolichos lablab</i>	Fabaceae	8	ARA, CAR.
Leucena	<i>Leucaena leucocephala</i>	Fabaceae	3	ARA, CAR
Mama-de-porca	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	Rutaceae	1	ARA
Mamona	<i>Ricinus communis L.</i>	Euphorbiaceae	2	ARA, CAR
Mato			7	TODOS
Milho (palha)	<i>Zea mays</i>	Poaceae	2	SF, SIL
Mucuna anã	<i>Mucuna deeringiana</i>	Fabaceae	2	ARA
Mucuna cinza	<i>Mucuna cinereum</i>	Fabaceae	4	ARA, CAR
Mucuna preta	<i>Mucuna pruriens</i>	Fabaceae	8	ARA, CAR
Nabo forrageiro	<i>Raphanus sativus L.</i>	Brassicaceae	2	ARA, SIL
Paineira	<i>Ceiba speciosa</i>	Bombacaceae	1	ARA
Tremoço	<i>Lupinus albus</i>	Fabaceae	1	SIL

N: número de propriedades nas quais a espécie foram citadas; VIC: Viçosa, PN: Ponte Nova, ARA: Araponga, SF: Senador Firmino, SIM: Simonésia, CAR: Caratinga, SIL: Silveirânia e TODOS: todos os municípios visitados.

As principais espécies de adubos verdes que em algum momento foram experimentadas pelos agricultores foram: feijão-de-porco, guandu, mucuna-preta e lablabe, plantas tradicionalmente utilizadas e recomendadas para a prática. Essas quatro espécies foram citadas por oito (53 %) dos entrevistados. Na sequência de utilização atual ou prévia aparecem a crotalária e o próprio *mato* ou vegetação espontânea, ambos citados por sete (46 %) das famílias de agricultores.

Outras espécies, em menor número também foram citadas como já tendo sido utilizadas em práticas de adubação verde: bananeira, abacateiro, mama-de-porca, paineira, braquiária, abacaxi, capoeira branca, araticum, embaúba, amendoim, tremoço, aveia preta, arroz, girassol e o desmódium. Algumas dessas espécies são comumente utilizadas como adubos verdes, outras, por outro lado, não tem sido relatadas com frequência. Nas visitas de campo, observou-se que algumas das espécies citadas, como o abacaxi, abacateiro e embaúba, são consideradas pelos agricultores como adubos verdes. Diante do manejo efetuado para estas culturas, os restos culturais sendo utilizados como cobertura morta e/ou incorporadas ao solo, são incluídos no que chamamos de adubação verde, e não somente leguminosas e gramíneas. Esta pode ainda ser uma justificativa para o alto número de espécies descritas nas propriedades. Estas citações não comumente utilizadas merecem uma atenção especial. O uso do abacaxi como adubo verde não é comum, por se tratar de um material fibroso, de difícil decomposição (Marques et.al., 2013). Ainda há de se considerar o relato do uso do araticum como adubo verde. Esta se trata de uma planta de crescimento lento, baixa produção de massa, e lenta decomposição (Braga Filho et. al., 2014), também não atendendo aos principais objetivos da adubação verde (Souza et. al., 2012).

O uso da vegetação espontânea como adubo verde, embora para alguns possa parecer estranho, é prática comum entre pequenos agricultores agroecológicos. Tal prática é amparada pela experimentação científica, como no trabalho de Ferreira et al. (2011), que avaliaram os efeitos do uso de cobertura morta com plantas espontâneas e de cobertura viva com amendoim forrageiro na cultura do rabanete. Os resultados de desempenho alcançados pela cultura principal como uso de plantas espontâneas foram semelhantes aos conseguidos com o cultivo convencional.

3.6. Culturas cultivadas com adubos verdes

Dentre as culturas agrícolas que receberam adubos verdes destacam-se o café e o milho, culturas tradicionais dos pequenos agricultores da região, e para as quais 66 % dos entrevistados usam ou utilizaram a prática (Tabela 3).

Uma utilização não muito comum em trabalhos científicos foi a utilização de adubos verdes em hortaliças, comentado por 53 % dos entrevistados. Esta adubação é feita posterior à construção de canteiros, ou utilizando como cobertura morta antecedendo o plantio.

Considerando o conjunto de dados recolhidos, o número de culturas por família que recebe adubos verdes variou de um a cinco, com média de 2,5 culturas. Ainda que esse seja um valor menor do que a média de culturas que cada agricultor possui (7,4), é destacável a utilização da prática pelos pequenos agricultores.

Tabela 3: Número de agricultores que citaram cada cultura que recebem ou já receberam adubação verde.

Culturas que recebem ou receberam a adubação verde	
Café	10
Milho	10
Feijão	4
Hortaliças	8
Frutíferas	5
Área à parte	1

A maior parte dos agricultores faz o uso de adubos verdes em consórcio com a(s) cultura(s) principal(is), sendo apenas um o que dedica uma área exclusiva ao cultivo dessas plantas para posterior utilização nos campos de produção. Nesta área diversas espécies de leguminosas são manejadas com o único intuito de utilização nas culturas de maior interesse da propriedade.

Especificamente com relação às plantas de arroz, feijão e milho indicadas como adubos verdes (Tabela 2), o uso dessas espécies resume-se à palha após o beneficiamento, que é retornada ao solo por um agricultor em Silverânia e outro em Senador Firmino. É importante ressaltar que os

agricultores entrevistados possuem conhecimento prático em agroecologia, prezando também pela redução na produção de resíduos, e aproveitamento dos materiais existentes na propriedade. Tendo em vista ser a região produtora de café, era esperado que também a palha desta cultura pudesse ser utilizada como adubo verde, entretanto, tal uso não foi registrado. A gliricídia, espécie muito utilizada, Também não apareceu no relato dos agricultores, no entanto, sabe-se que ela é cultivada na região, também principalmente por pequenos agricultores.

3.7. O manejo dos adubos verdes

A forma de utilização da adubação verde é organizada dentro do sistema de produção da propriedade (Tabela 4). A maior parte (60 %) planta o adubo verde no início das chuvas, junto com as culturas principais. Esta é uma opção que pode trazer limitações à eficiência da prática, uma vez que pode haver competição por espaço, luz e nutrientes no solo dependendo da forma de manejo. Também existe o que os agricultores chamam de competição por mão de obra, já que tempo será gasto com o manejo dos adubos verdes. A opção pelo plantio na mesma época é explicada pelos agricultores como decorrente da importância que dão aos adubos verdes, ou seja, apesar da ocorrência da competição, é compensatório o plantio na mesma época. A se considerar de que nem todos têm a consciência dos potenciais problemas de competição, pode se explicar os principais problemas e dificuldades encontrados pelos agricultores.

Outros agricultores (27%) plantam e manejam o adubo verde de acordo com a necessidade e possibilidade, ou seja, não é uma prática corriqueira, e sim dependente do que consideram ser o recomendado para aquele momento, e ainda assim, dependendo da disponibilidade de tempo e sementes (Tabela 4).

Um agricultor não planta efetivamente os adubos verdes, utilizando de forma exclusiva apenas a vegetação espontânea que cresce no solo. E outro agricultor, que está iniciando na prática –somente fez uso de adubos verdes uma vez, ainda não se considera capaz de definir a melhor época para o plantio.

No plantio das espécies utilizadas como adubos verdes, 27 % dos entrevistados fazem adubação, sendo que todos utilizam esterco, um quarto dos entrevistados utiliza adubação química (NPK) e quantidade semelhante utiliza a calagem (Tabela 4).

A capina do adubo verde é prática comum e realizada por 73 % dos entrevistados. Muitos relatam que ao menos uma capina seja importante, para evitar que plantas espontâneas afetem a produção dos adubos verdes, em especial, nas primeiras semanas pós-plantio.

O corte dos adubos verdes é feito na época da florada por 60 % dos agricultores, período que consideram haver o melhor aproveitamento dos nutrientes da biomassa. Por sua vez, 27 % dos entrevistados realizam o corte dependendo da necessidade, sem definir previamente o período para este procedimento. O que utiliza a vegetação espontânea faz o corte regularmente, espalhando o adubo verde pela área e, o que iniciou a prática há pouco tempo, também não consegue definir qual a melhor época de corte.

Depois do corte, 53 % dos agricultores utilizam o adubo verde incorporando-o manualmente ao solo. Outras formas de manejo também foram citadas para a biomassa cortada, como por exemplo, 46 % comentam da utilização do material como cobertura morta, relatando que além dos efeitos de fornecimento e ciclagem de nutrientes, oferece ainda proteção física ao solo.

Uma menção de utilização dos adubos verdes que merece destaque é seu uso como componentes de SAFs em área de regeneração de mata ciliar, que é realizada em Silveirânia, onde os agricultores consideraram a inserção de plantas leguminosas como forma de aporte de nutrientes e biomassa ao solo. Este fato também é proposto por Marin (2009), ao citar a inserção de plantas alimentícias, leguminosas e demais espécies de ciclo médio e longo, frutíferas e madeireiras afim de proporcionar uma interação econômica e ecológica, podendo ser simultaneamente ou em sequência temporal.

Em Araponga um agricultor utiliza os adubos verdes em linhas de plantio em curva de nível, com o objetivo de formar cordões de contorno, com o objetivo de melhor conservação de solo e da água.

Um caso exclusivo é o de um outro agricultor em Araponga, que apresenta em determinada área de sua propriedade, grande diversidade de plantas manejadas com o objetivo da adubação verde. Segundo seu relato, em

seus 18 anos de uso da prática, seriam mais de 75 espécies de plantas que foram e/ou ainda são manejadas com o facão. Não se trata de manejo de espontâneas e sim de espécies que são plantadas pelo agricultor. Este é um caso extremo de uma área à parte e que não foi contabilizado junto com o restante da propriedade e/ou demais propriedades, mas por se tratar de uma situação de extrema importância, está sendo descrita. Esta situação é verificada em uma área de cultivo de café sob SAF, onde a presença de vegetação espontânea é pequena, tendo em visto o alto grau de sombreamento adquirido. O agricultor seleciona, com base em sua experiência, espécies que são introduzidas e manejadas na área e que, segundo ele, trazem benefícios à cultura do café. O agricultor considera que a aplicação dos materiais de poda no solo é eficiente para o controle da erosão, que na propriedade apresenta-se como um risco em potencial, dada à elevada declividade do terreno, mas que, na prática, não é observada diante do manejo adotado.

Tabela 4: Relação dos agricultores entrevistados e o manejo feito por cada um deles.

Formas de manejo mais comuns encontradas						
	Município	Quando planta?	Quando corta?	Aduba	Capina	Incorpora
1	Araponga	Início das chuvas	Na florada	Sim	Sim	Não
2	Araponga	Se necessário	Se necessário	Não	Sim	Não
3	Viçosa	Se necessário	Se necessário	Sim	Sim	Sim
4	Araponga	Início das chuvas	Na florada	Não	Não	Não
5	Araponga	Início das chuvas	Na florada	Sim	Sim	Sim
6	Araponga	Início das chuvas	Na florada	Não	Sim	Não
7	Araponga	Se necessário	Se necessário	Não	Sim	Sim
8	Sen. Firmino	Se necessário	Se necessário	Sim	Sim	Sim
9	Araponga	Início das chuvas	Na florada	Não	Sim	Sim
10	Araponga	Início das chuvas	Na florada	Não	Sim	Não
11	Silveirânia	Não faz plantio	-	Não	Não	Não
12	Ponte Nova	Não faz plantio	-	Não	Não	Não
13	Caratinga	Início das chuvas	Na florada	Não	Sim	Sim
14	Caratinga	Início das chuvas	Na florada	Não	Sim	Sim
15	Simonésia	Início das chuvas	Na florada	Não	Não	Sim

3.8. Benefícios e dificuldades da adubação verde

Vários são os benefícios citados pelos agricultores como proporcionados pelo uso da adubação verde. Esses benefícios foram categorizados segundo o compartimento ambiental ou outro componente do agroecossistema favorecido. O solo foi o recurso natural mais citado, sendo considerado por 80 % dos entrevistados como o mais beneficiado pelo uso da adubação verde. Dois agricultores destacaram efeitos positivos sobre a água na propriedade, sendo que um deles, comentou especificamente da conservação da água. Ambos citam a redução do risco de contaminação da água pela diminuição do uso fertilizantes minerais, e um deles relata que uma grande variedade de espécies cultivadas em região muito declivosa, faz manter a água na propriedade. Alguns destes benefícios também são observados por agricultores em transição agroecológica que fizeram uso da adubação verde e determinaram uma alta aceitação, visto que puderam observar eficácia na melhoria da qualidade do solo, bom controle de plantas espontâneas, trazendo proteção e presença de insetos e microrganismos ao solo (Marin, 2009).

Mais especificamente, os benefícios elencados dos adubos verdes para o solo foram o aumento da fertilidade, a melhoria da cor (desencadeada pelos demais benefícios), a manutenção da umidade, a redução da perda de nutrientes, o aumento da matéria orgânica, a melhoria da estrutura do solo e ainda a fixação biológica do N. A percepção e utilização de termos de natureza eminentemente técnica por parte de alguns desses agricultores é reflexo da atuação de entidades como o CTA, EPAMIG e EMATER junto a esse coletivo. A grande maioria tem ou já teve acesso à análises de solos da propriedade, o que faz com que tenham um melhor embasamento em suas argumentações. Em uma das entrevistas, um agricultor retirou parte de uma raiz de uma leguminosa para indicar os nódulos presentes, sendo capaz ainda de explicar parte do fenômeno da fixação biológica.

Com relação aos benefícios associados às culturas de interesse principal da propriedade, os agricultores comentam que o uso dos adubos verdes facilita o controle de plantas espontâneas. Outro comentário registrado em uma propriedade de Araponga indicou que, depois de algum tempo de utilização do ingá em sistemas agroflorestais com café, houve redução da incidência do bicho mineiro na cultura. Também no mesmo município, outra

indicação foi a utilização da mamona para o controle da incidência de formigas, sendo relatado o abandono do formigueiro pelo plantio daquele adubo verde. Embora não muito comum, o uso de adubos verdes tem sido indicado para auxiliar no controle de plantas espontâneas, como relatado por Souza et al. (2011), que verificaram que a utilização das leguminosas lablabe, feijão-deporco e crotalária, quando plantadas nas ruas do café, promove a redução de mão de obra gasta com capina, devido a supressão de plantas espontâneas causada por essas leguminosas.

Alguns fatos observados e citados pelos agricultores podem ser associados a uma explicação diferente do que somente o indicado como decorrente do uso do adubo verde simplesmente. Como por exemplo, o uso do ingá para a redução do bicho mineiro. O simples fato de conter árvores na lavoura já beneficia a redução do bicho mineiro, visto que este sobrevive em temperaturas altas menor umidade, pode ser um ponto que explique, mas estes fatores necessitam de pesquisas mais aprofundadas para que se possa avaliar melhor a possível ação do ingá.

Especificamente com relação ao efeito da adubação verde sobre as hortaliças, três agricultores comentaram que as folhas e legumes saem com cores mais vivas, sabor mais aguçado, e que possuem maior período de conservação pós-colheita, isto se comparado às hortaliças cultivadas por eles mesmos ou por outros na forma tida como convencional, ou seja, fazendo o uso de adubações químicas e agrotóxicos. O efeito nas culturas ser de caráter de observação também se torna um ponto no qual se deve aprofundar a pesquisa científica, no intuito de se obter uma melhor relação, ainda compreendendo a ação do adubo verde para as características citadas. Na cultura do café, dois agricultores relatam que a produção se torna mais uniforme, ocorre uma melhoria na qualidade do produto final, os grãos são maiores e mais cheios, e ainda é notada a redução da quantidade de grãos chochos. Um agricultor indica o aumento da produtividade das culturas de milho e feijão quando a adubação verde foi efetuada em anos seguidos.

Com relação aos recursos hídricos, um agricultor destaca que o uso dos adubos verdes em substituição total ou parcial de fertilizantes químicos protege os mananciais e o lençol freático. A qualidade adquirida pelo solo reduz a necessidade do uso de pesticidas, o que também consegue o mesmo objetivo.

Outro entrevistado fez menção ao aumento da quantidade de água produzida na propriedade após a adoção do uso de adubos verdes, em conjunto com outras práticas agroecológicas.

Para a prática agroecológica, os agricultores ressaltam que a utilização de adubos verdes melhora a saúde da terra e de suas culturas, permitindo que a propriedade possa ficar longe de produtos químicos, tais como os fertilizantes e agrotóxicos. Adicionalmente, alguns destacam que com a utilização da prática, perceberam aumento da biodiversidade de fauna na propriedade, o que julgam ser de grande importância, pois é um indicativo da preservação da qualidade do meio ambiente, com impactos diretos e indiretos sobre a saúde humana e animal.

Merece destaque o fato de ter havido uma interessante relação entre o tempo de utilização da adubação verde e o número de benefícios observados com a prática (Figura 4). Salvo um agricultor que com não muito tempo de utilização (9 anos) consegue observar nove benefícios da adubação verde, para os demais a tendência é de se verificar mais benefícios com o passar dos anos de utilização da prática. Este agricultor é uma situação bastante peculiar, por se tratar do único com curso superior e mestrado, além de ser técnico aposentado da EMATER-MG, portanto, com mais acesso às informações.

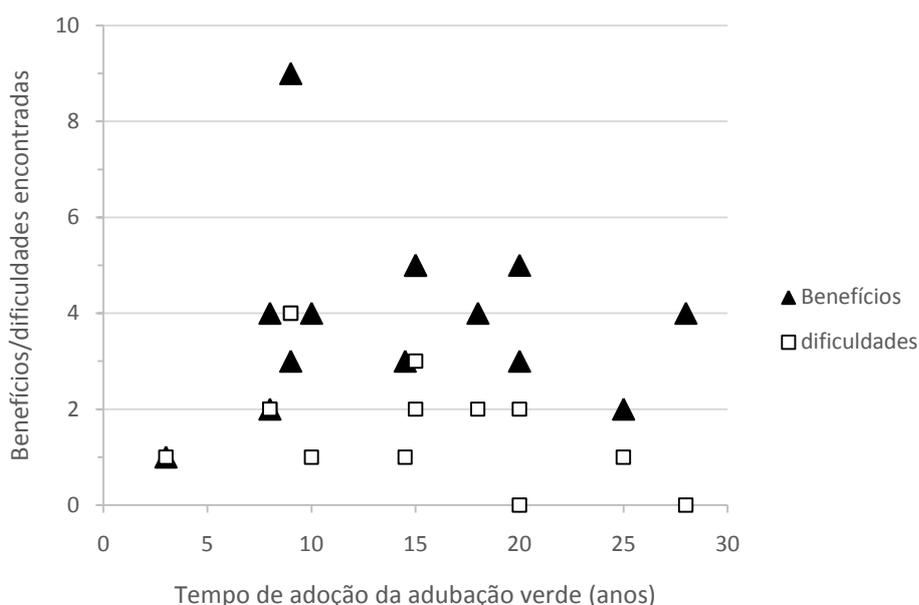


Figura 4 – Benefícios e dificuldades apontadas por agricultores agroecológicos com a utilização da adubação verde.

O passar dos anos de utilização da prática da adubação verde parece também contribuir para com a redução das dificuldades encontradas por alguns dos agricultores entrevistados (Figura 4). Dentre as dificuldades mais citadas pelos agricultores com relação à prática da adubação verde destaca-se o requerimento de mão de obra. Tendo em vista a limitação de pessoas disponíveis na propriedade para as atividades do dia a dia, essa dificuldade foi levantada por 46 % dos entrevistados como um complicador que afeta inclusive a ampliação da prática. A mesma dificuldade foi também relatada por agricultores de Pelotas-RS, que além da restrição da mão de obra (citada por 58 % dos entrevistados), reclamaram da falta de área para produção, a falta de incentivos, além da falta de mercado para produtos agroecológicos (Storch et al., 2004).

Diante da percepção de dificuldades relatadas pelos agricultores, Altieri, (2010) ressalta que os princípios agroecológicos podem modernizar pequenas explorações agrícolas, pois são capazes de trazer melhorias aos solos e habitats, podendo promover um crescimento saudável às plantas e equilibrar todo o sistema, utilizando-se de organismos benéficos, mão de obra e recursos locais de forma eficaz. Em contrapartida, alguns agricultores aqui entrevistados demonstraram enfrentar dificuldades mesmo depois de certo tempo de uso de adubos verdes. Neste contexto, algumas das práticas agroecológicas podem se tornar específicas de determinados locais, visto que a utilização de recursos disponíveis é valorizada. Também isto dificulta muitas das vezes uma orientação de forma tecnicada e generalista, da forma como se verifica na agricultura mais intensiva.

Dois agricultores comentam de dificuldades de definição quanto à melhor técnica a ser utilizada no manejo dos adubos verdes, e à falta de conhecimento e mesmo de orientação para o melhor uso desta prática.

Algumas espécies de adubos são apontados como de difícil manejo. Assim, embora já testados, os agricultores fazem ressalvas quanto ao amendoim forrageiro, que se mostrou agressivo em consórcio com feijão, e à capoeira branca, considerada como de difícil controle depois da primeira produção de sementes. A mucuna preta, espécie dentre as mais utilizadas, também foi citada como de grande dificuldade de controle, havendo um relato de que, mesmo depois de 20 anos passados desde que se permitiu a produção

de vagens, até hoje durante o período das chuvas, as plantas ainda brotam junto com a cultura de interesse comercial.

Diante de algumas dificuldades, algumas espécies não são mais utilizadas pelos agricultores. A mais citada é a mucuna preta, em função do comentado previamente. Isto encontra respaldo na observação de Monteiro et al. (2010) que, ao avaliarem efeitos da adubação verde, verificaram certa aversão ao cultivo da mucuna preta, justificado pelo fato de a espécie ser de hábito trepador e agressivo.

Outras espécies não mais trabalhadas como adubos verdes por alguns agricultores incluem mucuna-anã, lablabe, calopogônio e sirato, também citadas como de hábito agressivo. Estas, entre tantas outras, são assim denominadas por, em alguma razão, época ou forma de manejo, saírem do controle do agricultor. Como por exemplo, em situações em que a planta não foi cortada antes da produção de sementes. Outras também citadas, por diferentes motivos foram: amendoim forrageiro, feijão guandu, nabo forrageiro, crotalária (*C. juncea* e *C. spectabilis*), bananeira e capim. Os motivos para esse abandono incluem agressividade (sirato, calopogônio, mucuna-anã, guandu, nabo forrageiro e mucuna-preta) e baixa produção de massa (feijão-de-porco, calopogônio, mucuna-anã e amendoim forrageiro). Outras, como capim e bananeira foram substituídas por outras de mais fácil manejo. Um agricultor demonstrou ainda não mais interesse em espécies de adubos verdes de ciclo anual, focando nas perenes para reduzir o trabalho.

Algumas espécies despertam o interesse de utilização pelos agricultores. Essas ainda não foram avaliadas por alguns deles, mas afirmam terem visto sendo utilizadas por terceiros, ou até mesmo pela observação no própria propriedade, ou ainda pelo que esperam a partir do conhecimento que tem da espécie. Nesta lista incluem-se: feijão-de-porco, lablabe, ingá, mucuna-preta, leucena, crotalária, gliricídia, mogno africano (*Khaya senegalensis*), bacupari (*Garcinia gardneriana*), amora e camaratuba (*Cratylia mollis*).

O objetivo do uso da adubação verde pode mudar com o passar do tempo. Em uma das propriedades em Araponga que já faz uso da prática por 18 anos na cultura do café, o agricultor relata que no início seu foco foi garantir a proteção do solo e o fornecimento de nutrientes e, para isto, lançou mão de adubos verdes de porte rasteiro. Posteriormente, optou por adubos arbustivos

ou mesmo arbóreos, uma vez que considerou que havia conseguido boa quantidade de matéria orgânica no solo. Atualmente, com a lavoura associada a árvores de grande porte, que fornecem sombra e aporte de biomassa e nutrientes, o agricultor somente utiliza o manejo apenas com facção para a poda, deixando os materiais oriundos do corte sobre o solo.

O início da prática da adubação verde nas propriedades visitadas iniciou, em 80 % dos casos, por incentivo de alguma instituição de pesquisa, ensino e/ou extensão que atuam na região, indicando o importante papel que estas tem na difusão de propostas de manejo na área rural. Os demais começaram pela tradição familiar do uso ou pelo acesso pessoal à informações técnicas a respeito do tema.

A origem das sementes para os adubos verdes é a multiplicação efetuada na própria propriedade em 40 % dos casos. Esta independência ao plantar a própria semente é de grande importância para o sucesso e ampliação da prática. Outros 20 % dos agricultores adquirem sementes fazendo troca com os vizinhos. Os demais agricultores relatam a obtenção de sementes junto à UFV, CTA-ZM, EPAMIG, IFSEMG-RP, REDE e Projeto FUNBIO. E um único agricultor comenta que adquire no comércio as sementes para utilização, embora também se dedique à multiplicação para uso na propriedade.

4. Conclusões

As espécies de plantas da família fabaceae são as mais utilizadas pelos agricultores;

Mão de obra é um fator limitante quanto à adoção e manutenção desta prática;

Quanto maior o tempo de uso da adubação verde pelos agricultores, menos dificuldades e mais benefícios são encontrados;

A ação conjunta de agricultores e pesquisadores/extensionistas contribuiu para a inserção de práticas de adubação verde nas propriedades.

5. Referências

- AB'SÁBER, A.N. O domínio morfoclimático dos mares de morro no Brasil. São Paulo, USP, Instituto de Geografia. Geomorfologia. n.2, 9p.1966.
- ALCÂNTARA, F. A.; As vantagens da adubação verde; Embrapa Hortaliças; Disponível em: www.e-campo.com.br. Acesso em: 12/11/2013.
- ALTIERI, M. A. Agroecologia, agricultura camponesa e soberania alimentar. Revista Nera, Presidente Prudente. ANO 13, n. 16. p. 22-32. 2010
- BALDANI, J. I. e BALDANI, V. L. D. História da pesquisa fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: especial ênfase na experiência brasileira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77.3. 549-579. 2005
- Braga Filho, J. R., Naves, R. V., Chaves, L. J., Pires, L. L., & Mazon, L. T. Caracterização física e físico-química de frutos de araticum (*Annona crassiflora* Mart.) Biosci. J., Uberlândia, v. 30, n.1, p. 16-24. 2014
- CORRÊA, F.G.C.; DÖBEREINER, J. A Biotecnologia e a revolução agrônoma (1924-2000). Revista Eletrônica Estratégia Brasileira de Defesa - A Política e as Forças Armadas em Debate, Rio de Janeiro, nº 17, 2011.
- DIAS, MARCELO MOREIRA; ANNA LYGIA DE RESENDE MACIEL; GERUZA DA COSTA FRANCO ANUNCIAÇÃO. "Avaliação da fertilidade do solo cultivado com cafeeiro cv. Rubi em consórcio com leguminosas na região sul de Minas Gerais." VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Araxá – MG, 2011.
- DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. *Biotecnologia Ciência*, 2-3.1997.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M; ASSIS, R. L (Ed.) Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável. Brasília: Embrapa: 435-451.2005
- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v 28, 2004.
- FERREIRA, L. E.; SOUZA, E. P.; CHAVES, A. F. Adubação verde e seu efeito sobre os atributos do solo. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, Mossoró-RN*, v 7, n1. p. 33-38, 2012.

- FERREIRA, R.L.F.; GALVÃO, R.O.; MIRANDA JUNIOR, E.B.; ARAUJO NETO, S.E.; NEGREIROS, J.R.S.; PARMEJIANI, R.S. Produção orgânica de rabanete em plantio direto sobre cobertura morta e viva. *Horticultura Brasileira*, v.29, n.3, p. 299-303, 2011.
- GERLACH, G. A. X.; ARF, O.; CORSINI, D. C. D. C.; DA SILVA, J. C.; COLETTI, A. J. Análise econômica da produção de feijão em função de doses de nitrogênio e coberturas vegetais. *Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)*, v.43, n.1, 2013.
- LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17. 2013.
- MARIN, J. O. B. Agricultores familiares e os desafios da transição agroecológica. *Revista UFG*, ano XI, n. 7, p. 38-45. 2009.
- Marques, L. S., Andreotti, M., Buzetti, S., Teixeira Filho, M. C. M., & de Paula Garcia, C. M. Análise química da folha "D" de abacaxizeiro cv. Smooth Cayenne antes e após a indução floral em função de doses e parcelamentos de nitrogênio. *Bioscience Journal*, 29(1). 2013.
- MONTEIRO, S. D. S., ARAUJO, W., MARINHO, D., & Matos, W. R. D. Efeitos da adubação verde na economia do produtor familiar do município de Silva Jardim, RJ. *Saúde & Ambiente em Revista*, v.5, n.2, 18-23, 2010.
- PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; MOITINHO, M. R.; CARNEIRO, L. F.; FERNANDES, S. S. L. Desempenho de adubos verdes e o efeito no milho em sucessão. *Cadernos de Agroecologia*, v. 5, n. 1, 2011.
- PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Mossoró – RN, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2012.
- SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L.; Adubação verde e rotação de culturas. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.
- SOUZA, H. N. Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata mineira- Viçosa: UFV, 127f. 2006.
- SOUZA, L. M.; SANTOS, R. H. S.; MATTOS, U. J.; LIMA, C. T.; LISBOA, J. M.; ALVES, O. S. Adubação Verde na Cafeicultura Familiar: Uma Experiência

de Transição Agroecológica. *Cadernos de Agroecologia*, v. 4, n. 2, p. 2408-2411. 2009.

STORCH, G.; SILVA, F. F.; BRIZOLA, R. M. O.; AZEVEDO, R.;VAZ, D. S.; BEZERRA, A. J. A.Caracterização de um grupo de produtores agroecológicos do sul do rio grande do sul. *Revista brasileira de Agrociência*, v.10, n. 3, p. 357-362, 2004.

TOSETTO, E. M; CARDOSO, I.; FURTADO, S. D. C. A importância dos animais nas propriedades familiares rurais agroecológicas. *Revista Brasileira de Agroecologia*. V. 8, n. 3, p.12-25, 2013.

Capítulo 2

Dinâmica do solo em diferentes épocas e profundidades em resposta à adubação verde

1. Introdução

Uma alternativa há muito conhecida para a incorporação de N ao solo é a adubação verde com espécies que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN). Este é um processo que envolve a redução do N₂ atmosférico por meio da ação da enzima nitrogenase, que pode ser encontrada em alguns organismos de vida livre ou com capacidade de se associar a certas plantas (Espíndola et al., 1997). A FBN ocorre, principalmente, pela associação de leguminosas com bactérias diazotróficas e também, de maneira exclusiva, por algumas algas azuis, conhecidas como Cianobactérias. Esses microrganismos são capazes de promover a redução do N₂ atmosférico à amônio, uma forma que é disponível no solo para a absorção pelas plantas (Souza, 2012).

A importância atribuída à utilização da FBN no Brasil engloba as questões das mudanças climáticas globais, além da grande economia financeira e energética com adubos nitrogenados. Por esse motivo, a FBN foi selecionada pela plataforma ABC (Agricultura de Baixo Carbono), juntamente com outros procedimentos e práticas agrícolas, como forma de mitigar os efeitos de gases do efeito estufa. Além disso, a FBN representa uma economia de cerca de 7 bilhões de reais anualmente para o país somente para a soja, cultura em que o Brasil é o segundo maior produtor mundial (USDA - United States, 2014).

Uma das formas de introduzir a FBN em sistemas produtivos é investir em adubos verdes com capacidade simbiótica. A adubação verde pode ser definida como o cultivo de espécies vegetais para produção de biomassa que, após seu corte são adicionadas ao solo, objetivando manter e, ou, aumentar a matéria orgânica e a cobertura do solo e, conseqüentemente, deixá-lo em melhores condições para o desenvolvimento da cultura de interesse comercial, além do fornecimento de N pelo emprego das leguminosas (Souza et al, 2012).

A prática da adubação verde tem sido também considerada como uma forma de favorecer a manutenção ou melhorar a qualidade dos solos. A incorporação de resíduos, a introdução de biomassa favorável à decomposição microbológica, a proteção do solo, o efeito de raízes de alguns adubos, dentre outros, são fatores que conectam a prática àquelas consideradas boas práticas de manejo na agricultura.

No que se refere ainda à dinâmica de N, a adubação verde contribui também para o incremento da matéria orgânica no solo a longo prazo, o que, em consequência, poderá aumentar a CTC e, por conseguinte, reduzir a perda do nutrientes por lixiviação (Delarmelinda, 2010; Espíndola et al, 1997).

Do exposto, considera-se que a obtenção da fixação biológica de N com adubos verdes pode se reverter como de extrema importância para a agricultura familiar, por aliar além do benefício ambiental, também retornos econômicos e de ganhos de produtividade.

No estudo da dinâmica do N no sistema solo-planta tem ganhado relevância nas últimas décadas o emprego de isótopos. Para isto, tem-se lançado mão do isótopo estável ^{15}N , que não oferece risco no seu manuseio, além de permitir ampla aplicação em pesquisas. Por meio da técnica de diluição isotópica, se, por exemplo, durante o crescimento de uma planta ela utilizar de duas fontes de N (como o solo e fertilizante), e uma delas for enriquecida com ^{15}N em teores acima de sua abundância natural naquela ambiente, será possível então, determinar o quanto cada uma das fontes contribuiu para a nutrição dessa planta (Alves et al., 2005).

Diante de todo o exposto, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o solo sob manejo de adubação verde com leguminosas, em diferentes, épocas e diferentes profundidades.

2. Material e métodos

O presente estudo foi conduzido em vasos cultivados com cafeeiros, originados de um experimento já finalizado, no *Campus* da Universidade Federal de Viçosa, município de Viçosa, MG, dentro de uma área conhecida como Vale da Agronomia. O experimento inicial foi montado em março de 2009 e consistiu do cultivo de café (*Coffea arabica*, cv Oeiras), em vasos de 60 litros, conforme descrito no trabalho de Araújo (2012).

O experimento foi montado em ambiente aberto, sendo conduzido nos anos de 2009 e 2010, e finalizado em julho de 2011. O substrato utilizado para o plantio foi constituído da mistura de duas partes de um horizonte B de latossolo vermelho-amarelo da região de Viçosa e uma parte de areia (v/v). No preparo das unidades experimentais em 2009, cada vaso recebeu 63 g de P₂O₅ por vaso, na forma de superfosfato (75%) e termofosfato magnésiano (25%). A caracterização química do substrato original e após a adubação é apresentada na Tabela 1.

Tabela 1 – Caracterização química do substrato presente nos vasos antes do cultivo dos cafeeiros

Amostra	pH	P - mg dm ³⁺	K - mg dm ³⁺	Ca ²⁺ -----	Mg ²⁺ -----	Al ³⁺ (cmol _c dm ³⁺)	H +Al	SB	(t)	(T)	V (%)	MO (dag/kg)
Original	6,4	4,4	43	0,96	0,23	0	1	1,3	1,3	2,3	56,5	0,438
Após adubação ^(*)	4,2	115,1	66,7	1,0	0,1	1,1	5,56	1,35	68,9	2,3	59,08	1,36

(*) valor médio dos diferentes tratamentos segundo análise conduzida por Araújo (2012).

pH em água; P e K: extrator Mehlich 1; Ca, Mg, Al: KCl 1 mol/L; H+Al: extrator acetato de cálcio 0,5 mol/L – pH 7,0; MO = Walkley-Black.

Fonte: Araújo (2012)

Os tratamentos conduzidos foram referentes à forma e doses de adubação orgânica e/ou mineral, em delineamento em blocos casualizados, conforme a descrição a seguir:

a) Testemunha TA = adubação mineral (30 %) no mês de outubro de 2009 e de 2010;

b) AV 146g ¹⁵N-2009 = adubação mineral (30 %) + 146 g de massa seca (MS) de feijão-de-porco no mês de dezembro de 2009 e de 2010, sendo que o adubo verde adicionado em 2009 estava marcado com ¹⁵N;

- c) AV 146g ^{15}N -2010 = adubação mineral (30 %) + 146 g de MS de feijão-de-porco no mês de dezembro de 2009 e de 2010, sendo que o adubo verde adicionado em 2010 estava marcado com ^{15}N ;
- d) AV 584g ^{15}N -2009 = adubação mineral (30 %) + 584 g de MS de feijão-de-porco no mês de dezembro de 2009 e de 2010, sendo que o adubo verde adicionado em 2009 estava marcado com ^{15}N ;
- e) AV 584g ^{15}N -2010 = adubação mineral (30 %) + 584 g de MS de feijão-de-porco no mês de dezembro de 2009 e de 2010, sendo que o adubo verde adicionado em 2010 estava marcado com ^{15}N .

O adubo verde utilizado com a marcação do ^{15}N nos anos de 2009 e 2010 foi cultivado em outro local. Na adubação do feijão-de-porco foram utilizadas 33,3 g de N por caixa, destes 2% (m/m) correspondentes ao ^{15}N . O enriquecimento em ^{15}N do adubo verde, foi de 1,51% (m/m) em dezembro de 2009 e 0,874% (m/m) em dezembro de 2010. Maiores detalhes da produção do adubo verde enriquecido constam de Araújo (2012).

A adubação mineral utilizada nos tratamentos correspondeu à 30% do total recomendado por Guimarães et al. (1999) para a cultura do café. A opção deste percentual ocorreu no intuito de garantir uma nutrição mínima o suficiente para que a planta sobrevivesse até o final do experimento.

As quantidades de matéria seca do adubo verde adicionado (146 ou 584 g de matéria seca por vaso) nos tratamentos foi determinada em experimento prévio, e foi coincidente com a biomassa da leguminosa produzida aos 40 e 80 dias após a semeadura. Tais quantidades foram aplicadas úmidas, na data em que foram coletadas.

O feijão de porco sem marcação utilizado em 2009 continha 81,0% de umidade e 26,0 g Kg^{-1} de N, fornecendo 3,8 e 15,2 g de N por vaso de café nas doses de 146 g e 584 g respectivamente. O feijão de porco sem marcação utilizado em 2010 continha 81,4% d umidade e 30,3 g Kg^{-1} de N, fornecendo 4,4 e 17,7 g de N por vaso de café nas doses de 146 g e 584 g respectivamente. As doses do feijão de porco marcado foram ajustadas para fornecerem a mesma quantidade de N que o feijão de porco não marcado. Os teores de N do feijão de porco marcado foram 17,2 g Kg^{-1} e 23,4 g Kg^{-1} em 2009 e 2010 respectivamente (Araújo, 2012).

As adubações verde e mineral foram aplicados superficialmente, sem a incorporação.

Além dos inputs previstos nos tratamentos, em agosto de 2010, foi efetuada a aplicação de 21 g vaso⁻¹ de calcário dolomítico e de 20 g vaso⁻¹ de gesso agrícola. Duas novas aplicações do corretivo foram efetuadas em setembro de 2010 e em janeiro de 2011, totalizando 54 g vaso⁻¹ de calcário dolomítico.

Durante a condução do experimento, outras adubações foram aplicadas ao cafeeiro em todos os tratamentos. Adubações de pós-plantio, de primeiro ano e de produção foram aplicadas em doses equivalentes a 15, 30 e 21 g vaso⁻¹ de N (uréia) e de 15, 30 e 31 g vaso⁻¹ de sulfato de potássio, respectivamente. As adubações de primeiro ano e de produção foram divididas em oito aplicações durante cinco meses, buscando reduzir efeito salino dos produtos em função do limitado volume de solo. Adubações anuais de cobertura com micronutrientes foram ainda aplicadas a todos os tratamentos, na dose de 9 g vaso⁻¹ de FTE BR12® (Zn: 9,0 %; B: 1,8 %; Cu 0,8 %; Mn: 2,0 %).

Os vasos permaneceram inalterados após quase dois anos do final do experimento inicial, com as plantas de café ainda nos vasos, até o início das coletas que as plantas foram cortadas, rente ao solo, para que o mesmo pudesse ser utilizado para a execução do presente estudo.

Especificamente para este trabalho, foi promovida a amostragem e análise de amostras de solo de cada vaso do experimento.

2.1. Coleta das amostras

As amostras destinadas às análises foram coletadas dentro de cada vaso em quatro diferentes profundidades (0-5, 5-10, 10-20 e 20-40 cm) dos quatro tratamentos mais a testemunha, com a utilização de um trado do tipo sonda. Em cada uma das profundidades foram feitas diversas coletas até que se atingisse uma quantidade de solo suficiente para utilizar em todas as análises. Todas as amostras foram secas à sombra e passadas em peneira de 2 mm. As amostras de solo foram identificadas, correspondendo à quatro repetições dos cinco tratamentos originais, nas quatro profundidades consideradas, totalizando 80 amostras.

2.2. Avaliações efetuadas

Em cada amostra de solo coletada foram feitas as seguintes análises:

- a) Análise química de rotina: executada pelo Laboratório de Análises Químicas do Departamento de Solos da UFV.
- b) Presença e enriquecimento do isótopo ^{15}N no solo: analisados por espectrometria de massa no Centro de Energia Nuclear na Agricultura-CENA, em Piracicaba-SP. Para a remessa até o local de análise, as amostras foram preparadas em moinho de bola e passadas em peneira de 0,2 mm (60 mesh) e acondicionadas em tubos do tipo *ependorf*.
- c) Carbono orgânico total (COT) do solo: realizado no Laboratório de Matéria Orgânica do DPS-UFV, por meio de oxidação por via úmida. Para a análise de COT a amostra foi digerida em mistura de solução de dicromato de potássio e H_2SO_4 concentrado em bloco digestor por 30 minutos à temperatura de 170 °C. O produto da digestão foi titulado com solução de sulfato ferroso amoniacal na presença do indicador Ferroin. Todo o procedimento e os cálculos foram feitos seguindo a recomendação de Mendonça e Matos (2005).
- d) Nitrogênio total do solo: segundo método Kjeldahl. Na determinação do teor de N, a amostra de solo foi digerida em solução de H_2SO_4 concentrado com mistura digestora, em bloco digestor, seguida de destilação com NaOH e o indicador ácido bórico. O produto da destilação foi titulado com solução de HCl. Os procedimentos e cálculos seguiram a recomendação de Mendonça e Matos (2005).
- e) Fracionamento químico da matéria orgânica do solo: para separação das frações ácido fúlvico, ácido húmico e humina. As amostras de solo foram agitadas em solução de NaOH que permitiu a separação da fração humina, e na sequência o sobrenadante teve o pH reduzido a 2 para a separação das frações ácido húmico e ácido fúlvico. Nas três frações foram determinados os teores de C e N. Todos os procedimentos e cálculos seguiram as recomendações de Mendonça e Matos (2005).
- f) características físicas associadas à qualidade do solo: textura, argila dispersa em água e índice de floculação e dispersão, todos segundo Embrapa (1997). A análise textural foi feita pelo laboratório de Física do Solo da UFV, pelos métodos do peneiramento (areia) e da pipeta (silte e argila) após adição de NaOH como dispersante químico e agitação mecânica lenta. A argila dispersa

em água (ADA) seguiu os mesmos procedimentos descritos para a determinação da argila total (AT), mas sem a adição do dispersante químico. Os índices de floculação (IF) e de dispersão (ID) foram calculados segundo as equações:

$$ID = (1-ADA/AT) \text{ e } IF = 1- ID.$$

2.3. Análises estatísticas

Os dados foram analisados considerando o efeito dos tratamentos sobre os teores de ^{15}N e sobre variáveis indicadoras da qualidade do solo nas diferentes profundidades amostradas. Comparações entre os tratamentos por contrastes ortogonais foram realizadas para cada variável (Tabela 2), adotando-se o nível de 5% para significância.

As comparações visam determinar, em C1, efeitos da ausência e presença do adubo verde; em C2, efeitos das diferentes doses de adubo verde adicionadas; em C3, o efeito residual de anos diferentes da aplicação da menor dose o adubo verde com ^{15}N ; e em C4, o efeito residual de anos diferentes da aplicação da maior dose o adubo verde com ^{15}N .

Em todos os procedimentos estatísticos foi utilizado o programa Sisvar®.

Tabela 2 – Contrastes ortogonais avaliados no presente estudo

Contraste	Efeito avaliado
C1	AM x (AM+AV) AM (T1) X AM+AV (T2+T3+T4+T5)
C2	Baixa dose AV x Alta dose AV AV 146g (T2+T3) X AV 584g (T4+T5)
C3	AV 2009 x AV 2010 d/ baixa dose AV 146g ^{15}N -2009 (T2) X AV 146g ^{15}N -2010 (T3)
C4	AV 2009 x AV 2010 d/ alta dose AV 584g ^{15}N -2009 (T4) X AV 584g ^{15}N -2010 (T5)

Foi calculado o teor de N do solo derivado do adubo verde, por meio da fórmula: $\text{NdAV Solo} = (\%^{15}\text{N solo} / \%^{15}\text{NAV}) * 100$.

Assim, em 2009 os valores de ^{15}N no solo foram divididos por 1,41 (enriquecimento do feijão-de-porco em 2009) e em 2010 foram divididos por 0,81.

3. Resultados

3.1. Caracterização geral das amostras de substrato

As tabelas 3 e 4 apresentam os resultados obtidos para os diferentes tratamentos referentes à caracterização física e química do solo e da quantificação do N total e ^{15}N no solo, e dos teores de C e N nas frações húmicas.

Os dados da caracterização química das amostras de solo indicaram a eficiência da prática da calagem na elevação do pH dos solos em todas as profundidades (Tabela 3). Os teores de nutrientes, passados três anos da última aplicação de fertilizantes químicos, encontram-se em teores medianos, o que refletiu no não alcance de elevada saturação de bases.

O ^{15}N no solo revela que mesmo o tratamento exclusivamente conduzido com adubação mineral (T1) apresentou teor do isótopo, o que é associado à abundância natural do elemento neste forma.

A caracterização física do substrato utilizado nos vasos, com mais da metade formado por partículas do tamanho de areia, reflete a mistura efetuada no início do experimento. Os teores de argila dispersa em água não foram baixos, como se espera de Latossolos, e por conseguinte, o índice de floculação foi reduzido.

3.2. Análise dos tratamentos

Como indicado previamente, a análise dos efeitos dos tratamentos foi executada via contrastes ortogonais, cujos resultados são apresentados nas Tabelas 5 e 6.

3.3. Efeito da aplicação do adubo verde (C1)

A aplicação da adubação verde reduziu o pH nas duas primeiras profundidades avaliadas (Tabela 5), o que pode ser associado ao maior desenvolvimento vegetal do café e à maior acidificação pelas raízes. A mesma situação não foi observada na terceira profundidade, e verificou-se aumento do pH na camada de 20 a 40 cm.

Tabela 3 – Características químicas do solo dos diferentes tratamentos avaliados

	pH (H ₂ O)	CO dag/kg	P ----- mg/dm ³ -----	K -----	Ca -----	Mg -----	Al -----	H+Al -----	SB -----	CTCef -----	CTCtot -----	V ----- % -----	m -----	Prem mg/L
----- 0 – 5 cm -----														
TA	7,0	0,655	257,1	58,75	2,20	1,09	0,00	1,65	3,44	3,44	5,09	67,28	0,00	25,53
AV 146 ¹⁵ N-2009	6,2	1,162	283,1	75,25	1,79	0,82	0,00	2,45	2,80	2,80	5,25	51,73	0,00	27,15
AV 146 ¹⁵ N-2010	5,6	1,211	261,8	39,75	1,18	0,50	0,27	3,58	1,79	2,05	5,36	33,38	20,18	22,55
AV 584 ¹⁵ N-2009	6,0	1,563	160,9	45,50	2,94	0,77	0,00	2,65	3,83	3,83	6,48	57,88	0,00	30,65
AV 584 ¹⁵ N-2010	5,8	1,469	89,5	58,50	1,55	0,72	0,27	3,43	2,42	2,68	5,84	39,83	15,70	28,93
----- 5 – 10 cm -----														
TA	6,2	0,479	209,6	42,25	1,42	0,77	0,00	2,35	2,30	2,30	4,65	49,30	0,00	21,95
AV 146 ¹⁵ N-2009	5,2	0,680	165,6	40,25	1,20	0,46	0,29	3,28	1,77	2,06	5,04	32,50	22,15	21,93
AV 146 ¹⁵ N-2010	5,2	0,656	289,6	56,50	0,96	0,52	0,46	3,50	1,62	2,08	5,12	29,88	33,98	23,00
AV 584 ¹⁵ N-2009	6,1	0,888	86,8	90,25	2,21	0,59	0,05	2,65	3,03	3,07	5,68	51,48	3,78	29,95
AV 584 ¹⁵ N-2010	5,7	0,947	66,7	95,50	1,74	0,81	0,03	3,03	2,79	2,82	5,82	47,50	1,45	32,25

Tabela 3 (continuação)

	pH(H ₂ O)	CO dag/kg	P ---- mg/dm ³ ----	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTCef	CTCtol	V ----- % -----	m	Prem mg/L
----- 10 – 20 cm -----														
TA	5,5	0,461	249,5	33,75	1,12	0,58	0,03	3,10	1,79	1,81	4,89	36,40	1,63	20,85
AV 146 ¹⁵ N-2009	5,6	0,631	275,8	41,50	1,62	0,72	0,05	3,05	2,45	2,49	5,50	43,23	3,43	22,70
AV 146 ¹⁵ N-2010	5,9	0,399	276,4	53,25	1,47	0,75	0,17	3,13	2,36	2,53	5,48	42,90	10,88	25,13
AV 584 ¹⁵ N-2009	6,2	0,775	75,0	64,25	2,57	0,69	0,05	2,98	3,42	3,46	6,39	51,20	3,08	26,65
AV 584 ¹⁵ N-2010	6,2	0,685	73,1	87,50	2,15	0,86	0,03	3,25	3,24	3,26	6,49	49,00	1,30	29,05
----- 20 – 40 cm -----														
TA	4,8	0,338	581,7	21,00	0,56	0,29	0,41	3,68	0,91	1,32	4,59	19,73	33,55	17,33
AV 146 ¹⁵ N-2009	5,9	0,528	290,5	63,00	1,92	0,81	0,03	2,80	2,89	2,91	5,69	49,50	1,45	24,88
AV 146 ¹⁵ N-2010	6,1	0,273	284,0	74,75	1,98	0,84	0,00	2,78	3,01	3,01	5,78	50,78	0,00	24,50
AV 584 ¹⁵ N-2009	6,0	0,496	76,5	48,75	2,00	0,55	0,07	3,03	2,67	2,75	5,70	45,43	4,13	27,28
AV 584 ¹⁵ N-2010	6,3	0,510	148,8	58,25	2,86	0,99	0,00	2,73	3,99	3,99	6,72	57,60	0,00	28,65

Tabela 4 – Quantificação do N total, ¹⁵N, dos teores de C e N nas frações húmicas e características físicas do solo dos diferentes tratamentos avaliados

	NT	¹⁵ N	C			N			AG	AF	Silte	Argila	ADA	IF
			HUM	AHu	AFu	HUM	AHu	AFu						
	g/kg	%	dag.kg ⁻¹						dag/kg		%	%		
----- 0 – 5 cm -----														
TA	0,82	0,373	0,289	0,014	0,061	0,036	0,018	0,014	44,5	11,0	6,75	37,75	12,45	0,67
AV 146 ¹⁵ N-2009	1,29	0,485	0,649	0,060	0,098	0,053	0,018	0,027	47,5	10,0	6,25	36,25	16,50	0,55
AV 146 ¹⁵ N-2010	1,27	0,452	0,871	0,046	0,078	0,054	0,024	0,022	46,3	11,0	4,25	38,50	16,25	0,58
AV 584 ¹⁵ N-2009	1,76	0,640	1,179	0,121	0,106	0,070	0,035	0,038	44,8	10,5	8,25	36,50	16,00	0,56
AV 584 ¹⁵ N-2010	1,56	0,524	0,967	0,106	0,063	0,076	0,028	0,028	45,8	10,0	5,75	38,50	14,75	0,62
----- 5 – 10 cm -----														
TA	0,46	0,372	0,227	0,008	0,040	0,022	0,010	0,011	46,8	10,5	5,50	37,25	8,40	0,78
AV 146 ¹⁵ N-2009	0,66	0,462	0,372	0,044	0,070	0,032	0,011	0,021	45,8	10,8	5,50	38,00	9,85	0,74
AV 146 ¹⁵ N-2010	0,63	0,424	0,631	0,010	0,048	0,031	0,011	0,014	45,5	10,3	2,75	41,50	3,05	0,93
AV 584 ¹⁵ N-2009	0,93	0,632	0,704	0,062	0,065	0,045	0,018	0,021	42,5	10,5	8,00	39,00	21,75	0,44
AV 584 ¹⁵ N-2010	0,82	0,510	0,530	0,025	0,076	0,041	0,013	0,018	47,0	9,8	5,00	38,25	18,50	0,51

Tabela 4 (continuação)

	NT	¹⁵ N	----- C -----			----- N -----			AG	AF	Silte	Argila	ADA	IF
			HUM	AHu	AFu	HUM	AHu	AFu						
	g/kg	%	-----dag.kg ⁻¹ -----						----- dag/kg -----		%	%		
----- 10 – 20 cm -----														
TA	0,38	0,372	0,220	0,006	0,028	0,021	0,028	0,009	48,0	9,8	5,25	37,00	0,35	0,99
AV 146 ¹⁵ N-2009	0,49	0,442	0,235	0,014	0,043	0,023	0,009	0,012	46,5	10,0	5,25	38,25	0,75	0,98
AV 146 ¹⁵ N-2010	0,42	0,407	0,359	0,015	0,022	0,031	0,011	0,014	46,3	9,0	8,00	36,75	0,33	0,99
AV 584 ¹⁵ N-2009	0,59	0,585	0,656	0,038	0,053	0,025	0,014	0,014	46,8	9,3	6,25	37,75	1,98	0,95
AV 584 ¹⁵ N-2010	0,56	0,490	0,462	0,054	0,058	0,024	0,009	0,019	46,0	9,3	5,25	39,50	4,20	0,90
----- 20 – 40 cm -----														
TA	0,29	0,374	0,223	0,008	0,026	0,021	0,012	0,014	47,3	9,5	6,25	37,00	0,18	0,995
AV 146 ¹⁵ N-2009	0,36	0,427	0,390	0,010	0,028	0,021	0,009	0,018	48,3	9,5	3,25	39,00	0,68	0,983
AV 146 ¹⁵ N-2010	0,36	0,398	0,304	0,008	0,025	0,091	0,011	0,009	45,3	9,5	6,00	39,25	0,25	0,994
AV 584 ¹⁵ N-2009	0,40	0,557	0,532	0,026	0,040	0,027	0,011	0,007	45,0	9,8	6,75	38,50	0,50	0,987
AV 584 ¹⁵ N-2010	0,25	0,518	0,440	0,015	0,053	0,023	0,004	0,014	46,0	8,3	5,25	40,50	0,78	0,981

NT: análise de nitrogênio total; HUM: humina; AHu: ácidos húmicos; AFu: ácidos fúlvicos; AG: areia grossa; AF: areia fina; ADA: argila dispersa em água.

Tabela 5. Análises dos contrastes ortogonais referentes às características químicas e às formas de N do experimento em avaliação em diferentes profundidades

	0 – 5 cm				5 – 10 cm			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
pH(H₂O)	*** ↓	ns			** ↓	** ↑		
CO	*** ↑	** ↑			* ↑	* ↑		
P	ns	*** ↓			ns	** ↓		
K	ns	ns			** ↑	*** ↑		
Ca	ns	* ↑			ns	** ↑		
Mg	** ↓	ns			ns	ns		
Al	ns	ns			ns	** ↓		
H+Al	*** ↑	ns			* ↑	ns		
P_Rem	ns	** ↑			* ↑	*** ↑		
SB	ns	ns			ns	ns		
CTCef	ns	ns			ns	* ↑		
CTCtot	* ↑	** ↑			** ↑	** ↑		
V	** ↓	ns			ns	* ↑		
M	ns	ns			ns	** ↓		
NT	* ↓	ns	ns	ns	* ↑	ns	Ns	ns
¹⁵N	*** ↑	*** ↑	** ↓	*** ↓	*** ↑	*** ↑	*** ↓	*** ↓

Tabela 5 (continuação)

	10 – 20 cm				20 – 40 cm			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
pH(H₂O)	ns	ns			*** ↑	ns		
CO	* ↑	** ↑			* ↑	* ↑		
P	** ↓	*** ↓			ns	ns		
K	* ↑	** ↑			** ↑	ns		
Ca	* ↑	* ↑			*** ↑	ns		
Mg	ns	ns			** ↑	ns		
Al	ns	ns			*** ↓	ns		
H+Al	ns	ns			* ↓	ns		
P_Rem	* ↑	* ↑			** ↑	ns		
SB	*	*			*** ↓	ns		
CTCef	* ↑	ns			** ↑	ns		
CTCtot	** ↑	** ↑			*** ↑	ns		
V	ns	ns			*** ↑	ns		
M	ns	ns			*** ↑	ns		
NT	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	* ↓
¹⁵N	*** ↑	*** ↑	** ↓	*** ↓	*** ↓	*** ↑	ns	ns

*, **, ***: significativo a 5%; 1% e 0,1%, respectivamente. As setas indicativas ao lado dos coeficientes significativos representam se a variável analisada aumentou ou diminuiu na comparação entre tratamentos

Tabela 6. Análises dos contrastes ortogonais referentes aos teores de C e N nas frações húmicas e às características físicas do solo do experimento em avaliação em diferentes profundidades

	0 – 5 cm				5 – 10 cm			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
CHUM	*** ↑	*** ↑	* ↑	* ↓	*** ↑	ns	* ↑	ns
CAHum	*** ↑	*** ↑	Ns	ns	* ↑	ns	* ↓	* ↓
CAFu	* ↑	ns	Ns	** ↓	* ↑	ns	ns	ns
NHUM	** ↑	* ↑	Ns	ns	** ↑	** ↑	ns	ns
NAHum	* ↑	** ↑	Ns	ns	ns	ns	ns	ns
NAFu	** ↑	* ↑	Ns	ns	* ↑	ns	ns	ns
AG	ns	ns			ns	ns		
AF	ns	ns			ns	ns		
Silte	ns	* ↑			ns	* ↑		
Argila	ns	ns			ns	ns		
ADA	ns	ns			ns	** ↑		
IF	ns	ns			ns	** ↓		

Tabela 6 (continuação)

	10 – 20 cm				20 – 40 cm			
	C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
CHUM	** ↑	*** ↑	ns	* ↓	* ↑	ns	ns	ns
CAHum	ns	* ↑	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CAFu	ns	* ↑	ns	ns	ns	** ↑	ns	ns
NHUM	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
NAHum	** ↓	ns	ns	ns	ns	ns	ns	* ↓
NAFu	ns	ns	ns	ns	ns	ns	* ↓	* ↑
AG	ns	ns			ns	ns		
AF	ns	ns			ns	ns		
Silte	ns	ns			ns	ns		
Argila	ns	ns			ns	ns		
ADA	ns	ns			* ↑	ns		
IF	ns	ns			* ↓	ns		

*, **, ***: significativo a 5%; 1% e 0,1%, respectivamente. As setas indicativas ao lado dos coeficientes significativos representam se a variável analisada aumentou ou diminuiu na comparação entre tratamentos

Tabela 7. Teor, em diferentes profundidades do solo, de N derivado do adubo verde (NdAV Solo) quando a leguminosa marcada com ^{15}N foi aplicada em 2009 ou 2010, em duas doses (146 e 584 g/vaso)

NdAV Solo (%)			
146 g/solo			
Profundidade (cm)	2009	2010	MÉDIA
0-5	34	56	45
5-10	33	52	43
10-20	31	50	41
20-40	30	52	41
MÉDIA	32	53	42
584 g/vaso			
Profundidade (cm)	2009	2010	MÉDIA
0-5	45%	65%	55
5-10	45%	63%	54
10-20	41%	60%	51
20-40	57%	62%	60
MÉDIA	47	63	55

3.4. Comparação entre ausência e presença do adubo verde (C1)

Como esperado, a aplicação de feijão-de-porco proporcionou aumentos nos teores de carbono no solo em todas as profundidades avaliadas, em resposta à adição do material orgânico.

O comportamento dos nutrientes no solo com a adição do adubo foi variável. Para o P, somente verificou-se redução de teores na profundidade de 10-20 cm, que pode ser associado ao maior crescimento do cafeeiro com a maior dose de adubação verde, tendo levado à maior absorção deste nutriente. O K teve seus teores elevados em todas as profundidades com o fornecimento do adubo verde, à exceção da primeira camada de 0-5 cm. A movimentação do nutriente no solo pode explicar esse aumento de concentração em profundidade.

Os teores de Ca foram aumentados nas camadas de 10-20 e 20-40 cm de profundidade com a aplicação do adubo verde, e os de Mg na camada de 20-40 cm. Para o Mg verificou-se redução de teores na primeira camada avaliada. Destaca-se, portanto, a ausência de efeitos em algumas profundidades, ou mesmo a ausência de uma tendência clara de comportamento do Mg no perfil. Tal resultado verificou-se também em relação ao Al, por exemplo, que teve redução de teores devido à aplicação do adubo verde apenas na camada de 20-40 cm, nem sendo coincidente com a redução do pH verificada na camada superior a essa. Mesmo havendo efeitos sobre algumas bases, a soma de bases somente foi alterada na camada de 20-40 cm, onde notou-se a redução de seus teores com a aplicação do adubo verde.

O P-rem foi aumentado nas três camadas mais profundas com a aplicação do adubo verde. Isto em uma primeira análise parece indicar o efeito do material orgânico adicionado na redução da adsorção de P no solo. Ainda que aplicado superficialmente e sem incorporação, esse efeito do adubo é possível.

Com a aplicação adubo verde marcado com ^{15}N , era esperado o incremento da abundância do isótopo em todas as profundidades, o que foi verificado. Entretanto, na camada mais profunda obteve-se efeito oposto. Os teores menores provém do solo que recebeu as menores doses de adubo verde, o que pode estar associado a maior absorção de N proveniente da leguminosa nesta profundidade.

No geral, a adição do adubo verde proporcionou o aumento dos teores de C e N das substâncias húmicas (Tabela 6) nas duas primeiras camadas avaliadas (0-5 e 5-10 cm), em consonância com os aumentos de carbono orgânico do solo. Não houve efeito nas duas últimas profundidades, muito embora os teores de COT tenham sido elevados com a prática.

Como também esperado, a prática da adubação verde não alterou a composição granulométrica do solo, portanto, não afetando os teores de areia, silte e argila. Apenas a argila dispersa em água na profundidade de 20-40 cm foi incrementada, com reflexo na redução do índice de floculação na mesma profundidade.

3.5. Comparação entre doses (baixa e alta) do adubo verde (C2)

O aumento em três vezes da dose de adubo verde aplicado ao solo alterou o pH para maiores valores somente na profundidade de 5 -10 cm.

Como esperado, o aumento na dose aplicada incrementou os teores de carbono orgânico no solo em todas as profundidades, mesmo tendo sido a aplicação efetuada em superfície e sem incorporação, como já destacado.

Os teores de P e Ca foram alterados com o aumento da dose aplicada nas três primeiras camadas avaliadas, havendo a redução dos teores do primeiro nutriente e o aumento dos teores do segundo com o aumento da dose do adubo verde. Os teores de K foram incrementados com a maior dose aplicada de feijão-de-porco nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm e os de Mg não foram alterados com o aumento da dose.

O aumento da dose alterou os teores de Al apenas na camada de 5-10 cm, na qual verificou-se a redução, o que foi acompanhado da redução também da saturação de alumínio.

O P-rem novamente foi aumentado nas três primeiras camadas com o aumento da aplicação superficial do adubo verde. Novamente o efeito positivo da matéria orgânica sobre a redução do fenômeno da adsorção de P no solo pode ser considerada.

O aumento das doses não afetou o N total do solo. Uma vez que os adubos verdes adicionados continham a marcação com ^{15}N , o aumento da dose de aplicação resultou no incremento dos teores desse isótopo em todas as profundidades. O solo com adubo verde marcado em 2009 possui uma

média de porcentagem menor que o solo com o adubo verde marcado em 2010. Esta diferença pode ser devido ao cafeeiro ter absorvido mais nutriente durante o seu tempo de vida, e ainda uma perda do nutriente pra o ambiente em um maior período de tempo. Quando se trata das diferenças entre as doses, se observa que o efeito não é proporcional à quantidade de N inserido em cada sistema visto que a dose de adubo verde colocada é quatro vezes maior que a dose mais baixa, e a proporção do N vindo da leguminosa é apenas um pouco maior. Isto sugere que, com o aumento da dose de adubo verde aplicada, deve haver proporcionalmente maior absorção pelo cafeeiro e ou maiores perdas de N para o sistema.

O aumento da dose do adubo verde elevou, em várias camadas, os teores de C e N das substâncias húmicas, em especial nas mais superficiais. O efeito foi sempre positivo e coerente com o incremento do material orgânico.

A composição granulométrica não foi alterada com o aumento da dose, à exceção dos teores de silte nas duas primeiras camadas. Este é um resultado esperado, uma vez que a adição do material orgânico não incorpora partículas minerais no solo, não defendo afetar esta variável. Os baixos teores de silte e o pequeno coeficiente de variação desta determinação podem explicar esse resultado.

Os teores de argila dispersa em água foram novamente alterados em apenas uma camada (5-10 cm), na qual o aumento refletiu na redução do índice de floculação. Entretanto a camada afetada não coincide com aquela avaliada no contraste C1 (20-40 cm) e as mesmas razões apontadas para a alteração verificada para o silte podem ser consideradas.

3.6. Comparação entre épocas de aplicação do ¹⁵N na menor dose de adubo verde (C3)

O efeito da época de aplicação do adubo marcado na menor dose (146 g) não afetou os teores de N total das amostras de solo avaliadas, o que é esperado, uma vez que a mesma dose foi aplicada nos dois anos de avaliação.

Na camada de 0-5 cm, o substrato que recebeu aplicação de adubo verde marcado (1,42% a.e.) apresentou marcação de 0,485% a.e., indicando que 34% do N presente era derivado do adubo verde, ao passo que a aplicação da leguminosa marcada no segundo ano (0,81% a.e.) resultou em

que 56% do N do substrato (0,542% a.e.) era proveniente do adubo verde. Tal fato indica que menos N derivado do adubo verde estava no solo quando este foi aplicado há mais tempo, o que pode ser atribuído à absorção pelo cafeeiro (Araújo, 2012) uma vez que avalia-se que perdas de N do solo devem ser pequenas em ambiente de vasos.

Nas camadas de 5-10 cm, 10-20 cm e de 20-40 cm os resultados foram semelhantes

Neste caso, devemos considerar que o fato de o tempo passado entre a finalização do experimento e a amostragem do solo ter sido suficiente para retirar grande parte das formas de N do sistema, restando apenas aquilo que o solo tem condições de manter em equilíbrio. Neste caso, os teores restantes refletem a capacidade do solo de reter o nutriente. Ainda que pese a grande e conhecida dinâmica do N no solo, esta é uma ponderação que deve ser considerada.

Os reflexos da época de aplicação do adubo marcado não apresentaram algum padrão definido sobre os teores de C e N das substâncias húmicas. Com relação especificamente ao N dessas frações, a aplicação do adubo verde em 2010 somente causou a redução dos teores nos ácidos fúlvicos na última camada avaliada.

3.7. Comparação entre épocas de aplicação do ^{15}N na maior dose de adubo verde (C4)

A avaliação do efeito da época de aplicação do adubo marcado na maior dose (584 g) indicou que a adição efetuada em 2010 reduziu os teores de N total na última camada (20-40 cm), em comparação com os teores verificados após a adição de 2009. A mesma dose foi aplicada, porém, a raiz do cafeeiro atingiu esta camada, e permaneceu por algum tempo. Este fato pode ter sido o que causou esta redução no teor de N total, devido à absorção.

A abundância de ^{15}N nas três primeiras camadas, assim como verificado na menor dose (C3), foi reduzida na comparação entre as aplicações efetuadas em 2009 e 2010. Assim como também na menor dose, na maior dose de adubo aplicada, não se verificou efeito no enriquecimento em ^{15}N na profundidade de 20-40 cm.

Contudo, na avaliação dos teores de N derivado dos adubos verdes no N-total do solo, verificou-se resultado similar ao ocorrido com a menor dose. Para a mesma dose, no momento da avaliação há teor mais baixo de N derivado do adubo verde quando este foi aplicado no primeiro ano (2009), em todas as profundidades, embora esta diferença seja menos acentuada na camada de 20-40 cm. Este resultado pode ser atribuído à diluição do isótopo com a aplicação de leguminosa não marcada no ano seguinte e à maior absorção desse N pelos cafeeiros devido ao maior período de crescimento. Como o experimento foi conduzido em vasos, avalia-se que as possíveis perdas de N do solo são pequenas.

Os teores de C e N das substâncias húmicas foram alterados em algumas das profundidades avaliadas. Embora não esperado, os teores de C foram reduzidos na humina (0-5 e 10-20 cm), ácidos húmicos (5-10 cm) e ácidos fúlvicos (0-5 cm). Por sua vez, os teores de N foram reduzidos nos ácidos húmicos e aumentados nos ácidos fúlvicos, ambos na camada de 20-40 cm.

4. Conclusões

Os teores de N total e valores absolutos de ^{15}N apresentaram comportamento semelhante quando comparadas presença e ausência, e diferentes doses de adubação verde. Porém, quando comparadas as diferentes épocas de adição ao solo, estes teores apresentaram resultados diferentes;

Os teores de N derivado do adubo verde reduzem com o maior tempo decorrido de sua aplicação a avaliação e, conseqüentemente, de crescimento do cafeeiro, em ambas as doses aplicadas.

Embora a aplicação de maior dose resulte em teores mais elevados de N derivado do adubo verde no solo, essa elevação é menor do que a esperada em função da dose, sugerindo que ocorre também maior absorção de N pelo cafeeiro e ou maior perda de N com a dose mais elevada.

O teor de N total no solo foi reduzido de acordo com o aumento da profundidade;

Com base nas análises do contraste, o uso da adubação verde foi responsável por aumentar o teor de COT em todas as profundidades do solo;

O aumento da dose de adubos verdes não modificou a dinâmica dos atributos químicos da camada de 20-40 cm.

Conclusões gerais

Baseado nas informações obtidas observa-se que para o uso da adubação verde devem ser consideradas, além da distinção de espécies, épocas de plantio e corte, entre outros manejos comumente adotados, a situação que se encontra o sistema, e o tempo acumulado de uso da prática.

Mesmo após três anos de sua aplicação, o adubo verde foi capaz de manter o carbono orgânico total e o nitrogênio total em todas as camadas do solo, sendo que para as camadas mais profundas os valores eram mais baixos. Isto mostra a importância desta prática para um manejo sustentável do solo.

O trabalho mostrou a importância de se estabelecer estudos sobre as práticas agroecológicas empregadas na agricultura, no tocante à adubação verde. Obter informações e técnicas junto com os agricultores e mensurar os principais entraves e peculiaridades locais, para que sejam utilizados em estudos com maior rigor científico, faz com que o uso dessas práticas sejam cada vez mais direcionadas às especificidades da agricultura familiar. Baseado na experiência de agricultores a construção do conhecimento agroecológico induz novas ações e métodos e ainda estabelece um diálogo de maneira a despertar o interesse pelo que é estudado, consolidando a prática em questão.

5. Referências

- ALCÂNTARA, F. A.; As vantagens da adubação verde; Embrapa Hortaliças; Disponível em: www.e-campo.com.br. Acesso em: 12/11/2013.
- ALVES, B. J. R.; ZOTARELLI, L.; JANTALIA, C.P.; BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Emprego de isótopos estáveis para o estudo do carbono e do nitrogênio no sistema solo-planta. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Org.) Processos biológicos no sistema solo-planta: Ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, V.1, p.343-368. 2005.
- AMBROSANO, E. J. et al. Nitrogen-15 labeling of *Crotalaria juncea* green manure. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 60, n.1, p. 181-184, Jan./Mar. 2003.
- ARAÚJO, J.B.S. Adubação verde com leguminosas em complementação à adubação orgânica ou mineral em cafeeiros. 2012. 85 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) Universidade Federal de Viçosa, UFV, Viçosa, 2012.
- BALDANI, J. I. e BALDANI, V. L. D. História da pesquisa fixação biológica de nitrogênio em gramíneas: especial ênfase na experiência brasileira. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 77.3. 549-579. 2005
- BORTOLI, MARCELO; KUNZ, A., SOARES, H. M., BELLI FILHO, P., & DA COSTA, R. H. R., Emissão de óxido nitroso nos processos de remoção biológica de nitrogênio de efluentes. *Eng Sanit Ambient*, v. 17, n. 1, p. 1-6, 2012.
- CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B. & NEVES, J.C.L., eds. Fertilidade do solo. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p.375-470. 2007.
- CORRÊA, F.G.C.; DÖBEREINER, J. A Biotecnologia e a revolução agrônoma (1924-2000). *Revista Eletrônica Estratégia Brasileira de Defesa - A Política e as Forças Armadas em Debate*, Rio de Janeiro, nº 17, 2011.
- DELARME LINDA, E. A., SAMPAIO, F. A. R., DIAS, J. R. M., TAVELLA, L. B., & DA SILVA, J. S. Adubação verde e alterações nas características químicas de um Cambissolo na região de Ji-Paraná-RO. *Acta Amazonica*. 2010.

- DIAS, MARCELO MOREIRA; ANNA LYGIA DE RESENDE MACIEL; GERUZA DA COSTA FRANCO ANUNCIACÃO. "Avaliação da fertilidade do solo cultivado com cafeeiro cv. Rubi em consórcio com leguminosas na região sul de Minas Gerais." VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Araxá - MG (2011).
- DÖBEREINER, J. A importância da fixação biológica de nitrogênio para a agricultura sustentável. *Biotecnologia Ciência*, 2-3. 1997.
- DÖBEREINER, J. Recent changes in concepts of plant bacteria interactions: Endophytic N₂ fixing bacteria. *Ciência e Cultura*, São Paulo, v.44, n.5, p.310-313, 1992.
- ESPINDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; ALMEIDA, D. L. Uso de leguminosas herbáceas para adubação verde. In: AQUINO, A. M; ASSIS, R. L (Ed.) *Agroecologia: princípios e técnicas para uma agricultura orgânica sustentável*. Brasília: Embrapa: 435-451.2005.
- ESPÍNDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de. Adubação verde: Estratégia para uma agricultura sustentável. Embrapa-CNPAB. Documentos, 42, Seropédica: Embrapa-Agrobiologia, 20p. 1997.
- FARIA, C. M. B.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. S. Adubação verde com leguminosas em videira no submédio São Francisco. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa-MG, v 28, 2004.
- FREITAS, M. C. M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. *Enciclopédia Biosfera*, Centro Científico Conhecer: Goiânia, v. 7, n. 12, p.1-12. 2011.
- GARCIA, J., VICENTE, H. & ARTEIRO, J., Estudo do Comportamento Ambiental do Azoto em Zonas de Intensa Actividade Pecuária. In P. Carrott, C. Galacho, P. Mendes, M. Figueiredo, T. Ferreira & A. Teixeira Eds., *Jornadas do Centro de Química de Évora 2011*, pp. 30, Universidade de Évora Edition, Évora, Portugal, 2011
- GUIMARÃES, P. T. G. et al. Cafeeiro. In: RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.V.H. (eds.). *Recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª Aproximação*. Viçosa: Comissão de fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, p.325-327. 1999.

- KENNEDY E COCKING, Biological nitrogen fixation: the global challenge & future needs. Lake Como, Italy: A position paper, discussed at The Rockefeller Foundation Bellagio Conference Centre, 83p.1997.
- LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JÚNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. *Pesq. Agropec. Trop.*, Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17. 2013.
- MALAVOLTA, E. & MORAES, M.F. O nitrogênio na agricultura brasileira. Série Estudos e Documentos. CETEM, MCT, 72p .2006.
- MARIN, J. O. B. Agricultores familiares e os desafios da transição agroecológica. *Revista UFG*, ano XI, n. 7, p. 38-45. 2009.
- MARIN, V.A.; BALDANI, V.L.D.; TEIXEIRA, K.R.S. & BALDANI, J.I. Fixação biológica de nitrogênio de importância para a agricultura tropical. Série Documentos. Seropédica, Embrapa Agrobiologia, 1999.
- MENDONÇA, E.S.; MATOS, E.S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 107p. 2005.
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ, V.H.V.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. Fertilidade do solo, Sociedade Brasileira de Ciência do solo, Viços, 1ª ed. 741p. 2007.
- PADOVAN, M. P.; MOTTA, I. de S.; MOITINHO, M. R.; CARNEIRO, L. F.; FERNANDES, S. S. L. Desempenho de adubos verdes e o efeito no milho em sucessão. *Cadernos de Agroecologia*, v. 5, n. 1, 2011.
- PEREIRA, N. S.; SOARES, I.; PEREIRA, E. S. S. Uso de leguminosas como fonte alternativa de N nos agroecossistemas. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. Mossoró – RN, v. 7, n. 5, p. 36-40, 2012.
- SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L.; Adubação verde e rotação de culturas. Viçosa, MG: Ed. UFV, 2012.
- UNITED STATES. Department of Agriculture. GAIN Report. 2014. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/psdHome.aspx>>. Acesso em: 08 jan. 2014.