JOANA JUNQUEIRA CARNEIRO

SISTEMAS AGROECOLÓGICOS CONSERVAM SOLO E ÁGUA

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

VIÇOSA

MINAS GERAIS - BRASIL

2013

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

T

C289s 2013

Carneiro, Joana Junqueira, 1986-
Sistemas agroecológicos conservam solo e água / Joana Junqueira Carneiro. - Viçosa, MG, 2013.
x, 91 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.
Orientador : Irene Maria Cardoso.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Ecologia agrícola. 2. Agricultura familiar. 3. Erosão. 4. Solos - Conservação. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos. Program de Pós-Graduação Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22 ed. 577.55

JOANA JUNQUEIRA CARNEIRO

SISTEMAS AGROECOLÓGICOS CONSERVAM SOLO E ÁGUA

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

APROVADA: 31 de outubro de 2013.

_____
Raphael Bragança Alves Fernandes
(Coorientador)

_____
Elpídio Inácio Fernandes Filho

_____
Edivânia Maria Gourete Duarte

_____
Irene Maria Cardoso
(Orientadora)

Dedico

Aos meus pais: Helena e Dimas.

Ao meu irmão Túlio e minha irmã Mara.

A toda minha família.

À memória de Seu Cosme.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos a CAPES, CNPq e FAPEMIG pelo apoio à execução das pesquisas realizadas; à Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Solos (DPS-UFV) pela oportunidade do aprendizado.

Gratidão às famílias agricultoras que tanto me ensinam. Agradeço especialmente àquelas que participaram diretamente desta pesquisa: Lucimar, Vicente, Nalvinha, Neidinha, Josué e Jonas; Fia, Paulinho, Isac, Lucas e Luís; Pedro Vaz e Cândida, Maria, José e Ney; João dos Santos, Ângelo, Cosme Damião, Amélia, Samuel e Roseli, Maurílio e Fátima. Agradeço imensamente Rosânia e ao Isac pela contribuição essencial na coleta dos dados. À todos/as que nos receberam em suas propriedades uma, duas ou muitas vezes.

Ao Grupo de Trabalho da Água (GT Água) desde o seu início: Lucas Ferrari, Lucas Machado, Drica, Matheus, Cris, Marcus, Tommy, Patê, Luan e Vinícius. Sem vocês esta dissertação não existiria e o aprendizado não seria tão prazeroso. Agradeço à Irene, pela orientação e pelo exemplo de mulher guerreira que é, aos professores Anôr e Raphael pela ajuda e atenção.

Agradeço muito (e com todo amor) ao Vinícius, pela companhia, amparo e por sempre me socorrer nos momentos de aperto.

Aos colegas da Engenharia Florestal, da Agronomia e do mestrado, à ABEEF, à Capoeira Alternativa, a'O Bloco, ao Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), ao Entre Folhas e ao grupo de almoço Comendiu Gostosio/Cumadre Rosilda. Agradeço muito ao amigo querido Leonardo (Mallinha) pela ajuda, pelo incentivo e por tudo de bom que sua amizade me traz.

Gratidão à Agroecologia, a todas/os que compartilham da construção de um mundo mais equilibrado, com mais amor e respeito entre todos os seres, à Terra, nossa mãe, e à Natureza, maior fonte de sabedoria.

A Deus pela luz, pela vida, por todas as maravilhas do universo.

A você, que agora lê estes agradecimentos, também agradeço. Gratidão quanto mais, melhor. Ela vai junto com meu carinho e amor. Sintam-se abraçados e compartilhem da alegria deste momento!

BIOGRAFIA

Joana Junqueira Carneiro nasceu em 26 de março de 1986 na cidade de Carmo de Minas, sul de Minas Gerais. Cursou até a quarta série na Escola Estadual Gabriel Ribeiro nesta mesma cidade. O restante do ensino fundamental cursou em São Lourenço no Colégio Santa Marta. Concluiu o segundo grau em 2003 no Colégio Laser também na mesma cidade vizinha.

Ingressou no curso de Engenharia Florestal na Universidade Federal de Viçosa em 2004, graduando-se em janeiro de 2009. Interessada pela Agroecologia e pela produção saudável de alimentos, no mesmo ano, iniciou o curso de Agronomia graduando-se em julho de 2011.

Iniciou seu mestrado em Solos e Nutrição de Plantas em 2011. Em 2012 ingressou como agente de desenvolvimento rural no INCAPER tendo então a oportunidade de atuar com extensão rural. Conciliando o mestrado junto com a atuação de extensionista, este foi concluído em 2013.

SUMÁRIO

RESUMO 1
ABSTRACT 1
Capítulo 1 1
Introdução Geral 1
Referências Bibliográficas 7
Capítulo 2 11
Agricultores afirmam: água aumenta com a transição agroecológica[1] 11
1. Introdução 12
2. Material e Métodos 16
2.1. Entrevistas semi-estruturadas 18
3. Resultados e Discussão 19
3.1. Histórico de recuperação das áreas 20
3.2. Recuperando as nascentes e córregos 24
3.3. Colhendo os frutos, ou melhor, as águas 25
4. Conclusões 30
5. Referências Bibliográficas 31
Capítulo 3 35
Sistemas Agroecológicos de Produção Conservam Solo e Água 35
1. Introdução 37
2. Materiais e Métodos 40
2.1. Área de estudo 40
2.1.1. Caracterização das microbacias e agroecossistemas estudados 41
2.2. Precipitação 43
2.3. Uso e cobertura do solo do solo 47
2.4. Análise química e granulométrica do solo 47
2.5. Perdas de água, solo e nutrientes 47
2.6. Vazão das microbacias 51
3. Resultados 52
3.1. Precipitação 52
3.2. Uso e Cobertura do solo 53
3.3. Análises químicas e granulométricas 54

3.4. Perda de água e solo nos cafezais 55
3.5. Perda de água e solo nas pastagens 57
3.6. Perda de nutrientes e carbono na água de escoamento superficial nos cafezais 59
3.7. Perda de nutrientes e carbono por erosão nas pastagens 59
3.8. Vazão nas microbacias 60
4. Discussão 64
4.1. Uso e Cobertura do solo 64
4.2. Análise química e granulométrica 65
4.3. Perda de água e solo nos cafezais 67
4.4. Perda de água e solo nas pastagens 68
4.5. Perda de nutrientes e carbono na água de escoamento superficial nos cafezais 71
4.6. Perda de nutrientes e carbono na água de escoamento superficial nas pastagens 72
4.7. Vazão nas microbacias 73
5. Conclusões 77
6. Referências Bibliográficas 79
Capítulo 4 88
Considerações Finais 88
Anexo 1 90
Anexo 2 91

RESUMO

CARNEIRO, Joana Junqueira, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa. Outubro de 2013. **Sistemas Agroecológicos de produção conservam solo e água.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Co-orientadores: Anôr Fiorini de Carvalho e Raphael Bragança Alves Fernandes.

Agricultores(as) familiares utilizaram técnicas agroecológicas para reverter o processo de degradação dos solos e a perda da capacidade produtiva de suas terras diagnosticados em um processo participativo de pesquisa realizado na Zona da Mata de Minas Gerais, Brasil. As organizações dos(as) agricultores familiares(as), sindicatos e associações de alguns municípios desta região junto com parceiros (Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata e Universidade Federal de Viçosa) buscaram com estas técnicas contribuir na sustentabilidade produtiva, social e econômica das propriedades rurais. As famílias agricultoras que aderiram ao processo experimentação e de transição agroecológica relataram mudanças nos sistemas produtivos, tais como aumento na biodiversidade local, maior conforto térmico proporcionado pelas árvores e mudanças na disponibilidade de água. O relato sobre o aumento na quantidade de água e o afloramento de nascentes que haviam secado estimularam as famílias a quererem entender os processos que alteraram a dinâmica hídrica nas microbacias manejadas agroecologicamente. Em parceria com técnicos e pesquisadores procurou entender a interferência do manejo agroecológico na dinâmica hídrica. Para isto, sistematizou-se as experiências de algumas famílias agroecológicas. Alguns destaques da sistematização foram a importância da autonomia de decisão da família, a revegetação de topos de morro e área ciliares com sistemas agroflorestais ou com espécies nativas e o cuidado com o solo de toda propriedade evitando deixá-lo exposto. Para revegetação, foram utilizadas espécies espontâneas e aproveitamento de material propagativo de áreas de mata próximas. Para conservação de nascentes e córregos, foi feito cercamento das áreas próximas e instalação de bebedouros para o gado. Priorizou-se a realização de roçadas para controle da vegetação buscando deixar o solo sempre coberto. Em campo, pesquisou-se sobre a perda de solo, água, nutrientes e carbono em cafezais e pastagens e dinâmica da vazão de cursos d'água em microbacias manejadas agroecologicamente e convencionalmente. O manejo agroecológico inclui sistemas agroflorestais nas pastagens e no cafezal, roçada mecânica e não utilização e agrotóxicos. O manejo convencional inclui sistemas

manejados a pleno sol, com realização de capina mecânica, química e roçada e aplicação de agrotóxicos para controle de pragas e doenças. As perdas de solo, água e nutriente por erosão foram avaliadas com coletores de erosão modelo Gerlach adaptado. As vazões foram medidas semanalmente pelo método direto. Os sistemas agroecológicos (cafezais e pastagens) perderam menos água, solo e nutrientes em relação aos sistemas convencionais (pleno sol). A vazão dos córregos nas microbacias sob manejo agroecológico variaram menos ao longo do ano em relação ao manejo convencional.

ABSTRACT

CARNEIRO, Joana Junqueira, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa. October, 2013. **Agroecological systems conserve soil and water.** Adviser: Irene Maria Cardoso. Co-Advisers: Anôr Fiorini Carvalho and Raphael Bragança Alves Fernandes.

Family farmers used agroecological techniques to reverse the process of soil degradation and loss of productive capacity diagnosed in a participatory research process conducted in Zona da Mata of Minas Gerais, Brazil. Organizations of family farmers, trade unions of some municipalities in this region along with partners (CTA-ZM, UFV) sought with these techniques to contribute on the productive, social and economic sustainability of farms proprieties. Farming families who have joined the trial process and agroecological transition reported changes in production systems, such as increased local biodiversity, better thermal comfort provided by the trees and changes in water availability. The report about the increase in the amount of water and the outcrop of sources that had dried encouraged the families by wanting to understand the processes that alter the water dynamics at the agroecological systems. In partnership with technicians and researchers, questions about the interference of agroecological management in water were raised. In order to understand this phenomenon and to answer some of these questions this research has systematized some agroecological management experiences. During the systematization, the importance of the autonomy of the family's decision, the revegetation of hilltops and riparian areas with agroforestry systems or with native species and care with the soil of all ownership avoiding leaving it exposed were highlighted. For revegetation, taking advantage of spontaneous species propagative material from nearby forest areas were used. For the conservation of springs and streams, they were surrounded and drinkers for cattle were installed. The agroecological families used the mowed to control vegetation, seeking leave the soil always covered. Field data on soil loss, water, nutrients and carbon in coffee plantations and pastures and dynamics of flow of watercourses in watersheds managed with conventional and agroecological systems were raised. The agroecological manegement includes agroforest systems in the pastures and coffe plantation, mechanical mowing and no use of pesticides. The conventional manegement includes full sun agrosystems, realization of mechanical and chemical weending,

mowing and application of pesticides to control pests and diseases. The soil, water and nutrient loses were avaliated using an adapted Gerlach sediment trap. The water flow were determinated using direct method. Agroecosystems lost less water, soil and nutrients on the coffee plantations or pastures systems over conventional systems (full sun). The flow of streams in the watersheds under agroecological management have demonstrated less variation throughout the year than under conventional management.

Capítulo 1

Introdução Geral

A água é o elemento natural mais utilizado pelos seres vivos, indispensável à vida e com uma ampla utilização pela humanidade como na alimentação, geração de energia, navegação, aquicultura e paisagismo. As atividades agrícolas respondem por 69⁄ do uso da água no planeta (Rodrigues et al., 2003).

As práticas atuais do modelo agrícola não prezam pela conservação da água. O predomínio de grandes áreas intensamente cultivadas com monoculturas, a aração e a capina expõem o solo diretamente à ação dos raios solares e das chuvas, causando no solo intensificação do processo erosivo; as zonas ripárias sem vegetação não são mais capazes de reter os sedimentos transportados nas enxurradas potencializando o assoreamento dos rios e o uso de agrotóxicos contamina as águas. Essas e outras técnicas aceleraram a degradação das áreas agricultáveis e contribuíram para redução na qualidade e na quantidade dos recursos hídricos (Primavesi, 1990).

Como indicado, as consequências ambientais da prática agrícola predominante atualmente são desastrosas no que se diz respeito à água. A contaminação e esgotamento de suas fontes apontam para a insustentabilidade desse modelo agrícola (Noronha et al., 2009). Para reverter esse quadro de insustentabilidade é preciso conhecer os impactos da agricultura na dinâmica da água e apontar técnicas que contribuam para a conservação deste recurso.

Esse quadro de degradação, comum em todas as regiões brasileiras, encontra-se presente também na Zona da Mata de Minas Gerais, região localizada no Bioma Mata Atlântica, um dos *hotspot* de biodiversidade do planeta (Myers, 2000). A posição da Zona da Mata é estratégica para a conservação da Mata Atlântica, pois entre as unidades de conservação existentes nesta região, está localizado o Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, uma das poucas áreas de Floresta Atlântica contínua, considerada de extrema importância biológica no

Atlas de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade de Minas Gerais. Nesta região localiza-se também o Parque Nacional do Caparaó, outra unidade de conservação deste bioma e que faz divisa com o estado do Espírito Santo (Drumond et al., 2005).

O Parque Estadual da Serra do Brigadeiro abriga intensa rede de drenagem, com muitas cachoeiras e é divisor de água entre duas importantes bacias hidrográficas brasileiras, a bacia do Rio Doce e bacia do Paraíba do Sul (Bonfim, 2006). No Parque Nacional do Caparaó estão as primeiras nascentes das bacias do Rio Itapemirim e do Rio Itabapoana, sendo divisor de águas destas bacias hidrográficas com a bacia do Rio Doce (IBDF, 1981). Essas duas unidades de conservação e suas áreas de entorno são importantes para conservação da Mata Atlântica e das águas que abastecem estas bacias.

Na região da Zona da Mata de Minas Gerais, originalmente coberta por mata, o histórico de uso e ocupação do solo iniciou-se, predominantemente, com a derrubada da floresta para a implantação de lavouras de café durante a segunda metade do século XIX. Com a queda da qualidade do solo, as lavouras de café foram substituídas por pastagens, na maioria das vezes degradadas, que ainda hoje dominam a paisagem agrícola. Este quadro foi agravado com o uso das técnicas agrícolas atuais (monocultura, capina excessiva, uso de agrotóxicos, etc.). A Zona da Mata vive as consequências da ocupação que levou à degradação da mata, do solo e da água (Dean, 1998).

Algumas famílias agricultoras que sofrem as consequências da degradação que levou à perda da capacidade produtiva dos solos, juntamente com suas organizações sociais e parceiros, têm procurado alternativas pra reverter este processo. A partir de um diagnóstico participativo, realizado no ano de 1993 pelo Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) com agricultores familiares da região, as limitações para o desenvolvimento da agricultura foram diagnosticadas. Dentre as principais causas apontou-se a preocupação com a perda da capacidade produtiva dos solos causada pela erosão (Cardoso et al., 2001).

Como proposta para melhorar a qualidade do solo foram sugeridas práticas de manejo como curva de nível, diminuição da capina dos cafezais, uso de adubação verde e a experimentação participativa com sistemas agroflorestais nos cafezais e nas pastagens (Duarte et al., 2008). Após sua implantação, os sistemas agroflorestais têm sido re-desenhados e manejados utilizando os princípios da Agroecologia em uma construção coletiva com agricultores, técnicos e pesquisadores (Cardoso et al., 2001; Souza et al., 2012).

Os sistemas agroflorestais (SAF) podem ser definidos como associação deliberada de espécies arbóreas na mesma área que cultivos agrícolas e/ou animais seja na sucessão do tempo ou ocupando o mesmo espaço, garantindo que haja interação significativa entre os componentes arbóreos e não-arbóreos do sistema (Nair, 1998). Com o uso dos sistemas agroflorestais é possível conciliar produção agrícola e preservação do meio ambiente. Estes agroecossistemas mostram-se mais sustentáveis ambientalmente e ao mesmo tempo produtivos, conservadores dos recursos naturais, viáveis economicamente, culturalmente sensitivos e socialmente justos (Altieri, 2002).

Os sistemas agroflorestais e práticas agrícolas livres de agrotóxicos possibilitam a geração de serviços ambientais na agricultura (Muradian et al., 2010). Estes serviços ambientais são processos naturais advindos de interações complexas em ecossistemas naturais ou manejados. Os serviços hidrológicos, o armazenamento e sequestro de carbono e a proteção da biodiversidade podem ser citados como exemplos de serviços ambientais (MMA, 2011) prestados pelos SAFs.

Estes serviços ambientais, apesar de reconhecidamente essenciais para a qualidade de vida da população não são, na maioria das vezes, devidamente reconhecidos. Os instrumentos econômicos de valoração de serviços ambientais podem ser importantes instrumentos de incentivo à conservação ambiental. Recentemente, políticas de pagamento por serviços ambientais tornaram-se alternativas para estímulo à conservação e preservação dos recursos naturais no meio rural (Vilar, 2009).

O conhecimento das técnicas que contribuem para a geração de serviços ecossistêmicos na agricultura é essencial para o reconhecimento, valorização e divulgação destas práticas entre os agricultores e para formulação de políticas públicas que estimulem estes processos produtivos mais sustentáveis. Por exemplo, o pagamento por serviços ambientais (PSA) pode funcionar como motivação para a mudança de atitude na adoção de tecnologias e práticas que ajudem na preservação dos bens naturais (Sommerville et al., 2010). Os sistemas de pagamento por serviços ambientais podem ser utilizados para incentivar os produtores rurais e agricultores familiares a priorizar técnicas conservacionistas, como os sistemas agroflorestais.

A política do poluidor-pagador, pela qual se pune por práticas criminalizadas ambientalmente, não tem sido eficiente. Os programas de PSA optam pela política do conservador-recebedor, que tem mostrado bons resultados onde é aplicada (Vilar et al., 2011). Para efeito de pagamento de PSA, no Brasil, apenas as áreas florestadas ainda são consideradas nestes programas, porém o manejo agroecológico, em especial aqueles que utilizam sistemas agroflorestais deveriam também ser incluídos em tais programas. Isto porque os sistemas agroflorestais contribuem para a manutenção das funções ecológicas dos sistemas (Benítez et al., 2006; Machado et al., 2011). Mesmo com toda experiências em alguns municípios da Zona da Mata mineira, o uso de sistemas agroflorestais ainda é bastante restrito, sendo as pastagens e cafezais a pleno sol ainda predominantes (Cardoso et al., 2001). O incentivo por pagamento por serviços ambientais pode ser uma alternativa para ampliar o uso desta tecnologia entre outras famílias agricultoras (Ferrari et al., 2010).

Os estudos dos serviços ambientais gerados por sistemas agroflorestais têm sido alvo de pesquisas em todo o mundo (Ferreira, 2008; Cardoso et al., 2003; Muradian et al., 2010; Suich, 2013, Marinidou et al., 2013). Entre os potencias serviços ambientais gerados por estes agroecossistemas estão a proteção e conservação da biodiversidade, a conservação dos solos, a fixação de carbono na biomassa, a “produção” de água e a atenuação das mudanças climáticas (FAO, 2007).

Muitos destes serviços foram observados ao longo dos últimos 25 anos de experimentação com utilização de SAFs, dentre eles a recuperação da capacidade produtiva e da qualidade dos solos, o aumento da biodiversidade local, da quantidade e qualidade da água, além da diversificação da produção, qualidade da alimentação, culminando com maior autonomia da unidade produtiva familiar (Duarte et al., 2008; Ferrari et al., 2010; Cardoso et al., 2010; Souza et al., 2012; Duarte et al., 2013).

A compreensão dos impactos da transição agroecológica na conservação dos recursos naturais e consequentemente na geração de serviços ecossistêmicos vem motivando diversas pesquisas realizadas na Zona da Mata de Minas Gerais (Franco et al., 2002; Siqueira, 2008 ; Fernandes, 2007; Ferreira, 2008; Ferrari et al., 2010; Carvalho, 2011; Souza et al., 2012; Duarte et al., 2013), dentre elas algumas relacionadas ao recurso natural água.

Estudos envolvendo as mudanças observadas na dinâmica hídrica tiveram início em 2009 com a formação do grupo de pesquisa denominado GT Água (Grupo de Trabalho da Água). Este grupo foi formado por professores do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, estudantes de graduação e técnicos recém-formados das áreas de agronomia, engenharia ambiental e engenharia florestal. Baseando-se na metodologia de pesquisa-ação (Tripp, 2005), os estudos sobre a dinâmica da água nos sistemas agroecológicos são conduzidos com as famílias agricultoras. Inicialmente as experiências das famílias e suas observações foram sistematizadas; sendo também realizado o monitoramento *in situ* da qualidade da água, algumas oficinas com estudantes da Escola Família Agrícola Puris (EFA- Puris) abordando o tema e a medição de vazão após seleção de algumas propriedades após contato inicial com as famílias (Carneiro et al., 2009; Ferrari et al, 2010; Sousa et al., 2011; Pinto et al., 2013).

As observações das famílias em relação à melhoria na qualidade da água motivaram o início da pesquisa com uso de indicadores biológicos de qualidade. A equipe do GT Água foi sendo diversificada e incorporou estudantes das áreas de veterinária, zootecnia e biologia, que atualmente estão aprofundando nos

estudos dos impactos dos diferentes manejos adotados nas propriedades e o reflexo na qualidade da água. Um exemplo disto é o estudo de diagnóstico da situação dos cursos d'água por meio de análises morfológicas de peixes, relacionando os resultados com o tipo de manejo, agroecológico ou convencional, adotado (Machado et al., 2011).

Parte do trabalho realizado pelo GT Água deu origem a esta dissertação, objetivando contribuir para melhor compreensão dos possíveis impactos na conservação do solo e da água por diferentes sistemas de manejo. Através desta pesquisa buscou-se realizar o registro das experiências de alguns agricultores e agricultoras agroecológicos(as) no município de Araponga-MG em relação às mudanças ocorridas na dinâmica da água com a transição agroecológica e analisar quais mudanças podem ocorrer na taxa de erosão de solos e na vazão, a partir da adoção das práticas agroecológicas.

Esta dissertação é composta pela introdução geral (Capítulo 1) e por mais três capítulos. No Capítulo 2 é apresentada a sistematização das experiências de mudança dos manejos dos solos nas propriedades agroecológicas e as consequências observadas pelas famílias no comportamento dos cursos d'água e qualidade da água. O Capítulo 3 trata das variáveis mensuradas em campo (vazão, perda de solo, água, carbono orgânico e nutrientes) associadas à adoção das práticas agroecológicas. No Capítulo 4 são apresentadas as considerações finais.

Referências Bibliográficas

ALTIERI, M. Agroecologia: Bases Científicas para uma Agricultura Sustentável. Porto Alegre: Guaíba Agropecuária, 2002. 592 p.

BENÍTEZ, P. C.; KUOSMANEN, T.; OLSCHEWSKI, R. & VAN KOOTEN, G. C. Conservation Payments under Risk: A Stochastic Dominance Approach. Am. J. Agr. Econ., 88: 1-15, 2006.

BONFIM, V. R. Conflitos, participação e lições aprendidas no processo de criação do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), MG. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 166p. (Tese)

CARDOSO I.; BODDINGTON C.; JANSSEN B.; OENEMA O.; KUYPER T. Distribution of mycorrhizal fungal spores in soils under agroforestry and monocultural coffee systems in Brazil. Agrofor Syst., 58(1):33-43, 2003.

CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F. & FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. Agricult. Syst., 69: 235-257, 2001.

CARDOSO, I. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. S. Indicadores de biodiversidade. In: FERREIRA, J. M. L.; ALVARENGA, A. P.; SANTANA, D. P. & VILELA, M. R., ed. Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola. Belo Horizonte, EPAMIG, 2010. p.231-258.

CARNEIRO, J. J.; CARDOSO, I. M. & MOREIRA, V. D. Agroecologia e Conservação de Água: Um Estudo de Caso no Município de Araponga, MG. Rev. Bras. Agroecol., 4: 513-516, 2009.

CARVALHO, A. F. Água e radiação em sistemas agroflorestais com café no Território da Serra do Brigadeiro-MG. Universidade Federal de Viçosa, 2011. 124p. (Tese)

DEAN, W., A Ferro e Fogo: a História e a Devastação da Mata Atlântica Brasileira. 2. ed. Companhia das Letras, São Paulo, 1998.

DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M. & FÁVERO C. “Terra Forte”. Rev. Agri., 5: 11-15, 2008.

DRUMOND, G.M., MARTINS, C.S., MACHADO, A.B.M., SEBAIO, F.A. & YASMINE, A. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2.ed. Belo Horizonte, Fundação Biodiversitas, 2005. 222p.

FAO, Food and Agriculture Organization. The state of food and agriculture - 2007: Paying farmers for environmental services. 222p. (FAO, Rome, 2007) Disponível em: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1200e/a1200e00.pdf>. Acesso em 15 mar. de 2013.

FERNANDES, J. M. Taxonomia e etnobotânica de Leguminosas Adams, em fragmentos florestais e sistemas agroflorestais na Zona da Mata Mineira. Universidade Federal de Viçosa, 2007. 78p. (Dissertação)

FERRARI, L. T.; CARNEIRO, J. J.; CARDOSO, I. M.; PONTES, L. M.; MENDONÇA, E. S. & SILVA, A. L. M. S. O caso da água que sobe: Monitoramento participativo das águas em sistemas agroecológicos. Agriculturas, 3: 30-34, 2010.

FERREIRA, F.M.C. A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. 89p. (Tese)

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO A. F.; JUCKSCH I.; FERNANDES E. I.; SILVA E. & NETO J. A. A. M. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. Rev. Árvore. 26: 751-760, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL (IBDF)- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA. Plano de Manejo do Parque Nacional do Caparaó, 118p., 1981. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/portal/biodiversidade/unidades-de-conservacao/biomas-brasileiros/mata-atlantica/unidades-de-conservacao-mata-atlantica/2202-parna-do-caparao>

MACHADO, M. V. O.; BENJAMIM, L. A.; CARDOSO, I. M.; CAETANO, M. D. N.; SOUSA, T. F. C. W. L.; SILVA, A. L. M. S.; FERRARI, L. T.; MARCON, L.; SILVA FILHO, P. B. & DOS ANJOS L. R. A. Diagnóstico de situação dos cursos de

água da comunidade de São Joaquim - Araponga/MG: Análises morfológicas de peixes e seu potencial como bioindicadores de poluição aquática. In: Simpósio de Integração Acadêmica. Universidade Federal de Viçosa, 2011.

MARINIDOU, E., FINEGAN, B., JIMÉNEZ-FERRERA, G., DELGADO, D., CASANOVES, F. Concepts and a methodology for evaluating environmental services from trees of small farms in Chiapas, México Journal of Environm. Managem., 114: 115-124, 2013

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY, N. & MAY, P. H. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. Ecolog. Econom., 69: 1202-1208, 2010.

MYERS, N., RUSSELL A. MITTERMEIER, R. A., MITTERMEIER, C. G., FONSECA, G. A. DA, KENT, J Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403: 853 – 858, 2000.

NAIR, P. K R. Directions in tropical agroforestry research: past, present, and future Agrofor. Syst. 38: 223–245, 1998.

NORONHA, A. F. B.; RIBEIRO, A. E. M. & AUGUSTO, H. A. Extensão rural, agroecologia e inovação na agricultura familiar do Vale do Jequitinhonha. Orga. Rur. Agroind., 11: 233-250, 2009.

PINTO, V. S., CARNEIRO, J. J., ANDRADE, P. B. DE, DOS ANJOS, L. R. A., SOUSA, T. F. C W. L., CARDOSO, I. M. Recursos hídricos e o manejo agroecológico dos solos por agricultores familiares In: Anais do II Simpósio Mineiro de Ciências do Solo, Viçosa-MG, 2013.

PRIMAVESI, A. Manejo ecológico do solo: A agricultura em regiões tropicais. São Paulo, Ed Nobel, 1990. 549p.

RODRIGUES, G. S.; CAMPANHOLA, C.; KITAMURA, P. C. Avaliação de Impacto Ambiental da Inovação Tecnológica Agropecuária: AMBITEC-AGRO. Jaguariúna: EMBRAPA, 2003. 95p. (Documentos, 34).

SIQUEIRA, L. C. Levantamento florístico e etnobotânico do extrato arbóreo em sistemas naturais e agroflorestais, Araponga, Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, 2008. 118p. (Dissertação)

SOMMERVILLE, M.; MILNER-GULLAND, E J.; RAHAJAHARISON, M.; JONES, J. P. G.Impact of a Community-Based Payment for Environmental Services Intervention on Forest Use in Menabe, Madagascar. Conserv. Biolog. 24(6): 1488–1498, 2010.

SOUSA, T. F. C. W. L.; CARNEIRO, J. J.; FERRARI, L. T.; MACHADO, M. V. O.; CARDOSO, I. M. & MENDONÇA, E. S. Manejo de recursos hídricos por agricultores agroecológicos na Zona da Mata-MG. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, VII., Fortaleza, 2011. Disponível em <http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/cad/article/view/12481/7790> Acesso em 27 fev. 2013.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; MENDONÇA, E. S.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B.; GJORUP, D. F. & BONFIM, V. R. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application. Agrofor. Syst., 85: 247-262, 2012.

SUICH, H. The effectiveness of economic incentives for sustaining community based natural resource management. Land Use Policy, 31: 441– 449, 2013.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Edu. e Pesq, 31, 3: 443-466, 2005.

VILAR, M. B. Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais Universidade Federal de Viçosa, 2009. 146p. (Dissertação)

VILAR, M. B.; OLIVEIRA, A. C. C.; SANTOS, M. O. & JACOVINE, L. A. G. Criterios e indicadores para la valoración de los servicios ambientales en Brasil. Rev. Letr. Verd., 9: 48-64, 2011.

Capítulo 2

Agricultores afirmam: água aumenta com a transição agroecológica[1]

RESUMO

Famílias agricultoras do município de Araponga iniciaram em 1993 o processo de transição agroecológica adotando práticas mais sustentáveis no manejo dos agroecossistemas, diversificando a produção e inserindo espécies arbóreas junto com cultivos como café e pastagem formando os sistemas agroflorestais. Com a mudança do manejo observaram consequências como aumento na quantidade de água e afloramento de nascentes que haviam secado. Buscando conhecer melhor, relatar e sistematizar estas experiências, foram feitas entrevistas semi-estruturadas com famílias de três comunidades rurais de Araponga-MG. Foram levantados os históricos da área, o processo de recuperação adotado em cada caso e as mudanças que a família observou na conservação da água e do solo. A partir destas experiências, foi possível verificar, como foi apontado pelos(as) agricultores(as) que a posse da terra é fundamental para autonomia das famílias na tomada de decisão e adoção de tecnologias mais sustentáveis. O manejo de transição agroecológica adotado contribuiu para a recuperação e conservação da água, já que em todas as propriedades foram registradas evidências consistentes de aumento regular da quantidade de água nas nascentes já existentes, reafloramento de nascentes e aumento do nível do lençol freático.

[1] Parte dos resultados desta pesquisa foram publicados em Anais do Congresso Brasileiro de Agroecologia (2009 e 2011), Congresso Brasileiro de Ciências do Solo (2011), Revista Agriculturas (2010) e na cartilha intitulada "Eu Sou Uma Gota d'Água: Conservar e Produzir".

1. Introdução

Na agricultura, o uso das tecnologias consideradas modernas contribuiu para a simplificação e artificialização dos agroecossistemas, como o cultivo em monoculturas e o uso de insumos industrializados, com objetivos, muitas vezes, exclusivamente produtivistas (Gracía et al., 2011). Os bens produzidos são apenas parte dos serviços dos agroecossistemas (FAO, 2007) e, quando somente esses são considerados, os aspectos sociais e os ambientais dos agroecossistemas podem ser severamente prejudicados (Seufert et al., 2012).

Com o incentivo ao uso dessas tecnologias, práticas tradicionais têm sido excluídas e as inovações tecnológicas dos agricultores foram consideradas ultrapassadas. Com isso o conhecimento de agricultores e agricultoras adquirido e transmitido através das gerações foi sendo desvalorizado e desconsiderado (Derw & Henne, 2006). Essas práticas tradicionais foram aprimoradas e recriadas por agricultores de todo o mundo em suas atividades e observações diárias, sendo resultado, portanto, da experimentação e das descobertas feitas ao longo do tempo (Alves & Peroni, 2010). Estas práticas sustentaram a agricultura durante séculos de cultivo, o que permite afirmar que as mesmas eram eficientes e sustentáveis. Portanto, manejos eficientes dos agroecossistemas não são necessariamente criados pela ciência formal (Brookfield & Padoch, 1994), mas podem também ser frutos da sabedoria popular (Alves & Peroni, 2010).

A agroecologia considera o conhecimento tradicional e a observação dos agricultores no dia-a-dia como fundamentais para o manejo eficiente dos agroecossistemas. Isto é importante, pois os diferentes olhares sobre um mesmo objeto ou fenômeno, no caso o manejo sustentável dos agroecossistemas, aumentam a percepção coletiva do todo e contribuem para a riqueza de detalhes e interpretações sobre o objeto (Zurayk et al., 2001).

A abordagem agroecológica constitui um enfoque científico que reúne vários campos de conhecimento promovendo o diálogo entre reflexões teóricas e avanços científicos, recebidos a partir de distintas disciplinas. Esta dinâmica tem contribuído para conformar o atual *corpus* teórico e metodológico da agroecologia (Casado et al., 2000). No processo de adoção da abordagem científica pelos agricultores, esta é retrabalhada e reconstruída para ser adaptados às estratégias familiares e produtivas, considerando as características naturais e culturais do local, segundo preferências valorativas e conhecimentos disponíveis. Desta forma, o conhecimento é continuamente transformado e, em lugar da dicotomia entre o conhecimento tradicional e o moderno ou entre o empírico e o científico-técnico, todos confluem a um espectro de conhecimentos híbridos, resultado de processos de modificação, invenção e reapropriação de outros conhecimentos, em um fluxo cíclico e contínuo (Guivant, 1997).

A agroecologia valoriza esses diferentes olhares para a aquisição de conhecimento e proposição de sistemas de produção em um processo de transição agroecológica que envolve mudança no manejo dos agroecossistemas e da propriedade como um todo, buscando maior sustentabilidade pelo aproveitamento dos ciclos e processo naturais, como a ciclagem da matéria orgânica, cobertura do solo e favorecimento do controle biológico pela diversificação. Esse processo exige observação e acompanhamento constante, com a incorporação progressiva de aprendizado no desenho e redesenho dos sistemas, no qual o conhecimento do agricultor é fundamental (Costabeber, 1998). Com isto, a agroecologia procura integrar o conhecimento dos agricultores às diversas áreas da ciência, dentre elas as etnociências, procurando entrelaçar o conhecimento científico ao conhecimento popular para construir um conhecimento novo (Brookfield & Gyasi, 2009).

As etnociências estudam a relação do conhecimento de populações tradicionais no meio em que foi e é gerado e dentro de cada área do conhecimento formal, buscando a valorização desta diversidade (Alves & Peroni, 2010). Como exemplo dentro do campo das ciências que envolvem o conhecimento sobre os solos, tem-se a Etnopedologia. Os estudos

etnopedológicos buscam registrar e compreender a percepção das comunidades locais a respeito do solo, da paisagem, classificação dos mesmos, do seu uso e manejo (Barrera-Bassols & Zinck, 2003).

Nesta dinâmica, a interpretação ou observação do cientista não é melhor ou mais verdadeira que a do(a) agricultor(a), mas elas se completam e permitem uma compreensão mais acurada da realidade. No conhecimento tradicional e na observação dos agricultores no dia-a-dia encontram-se elementos importantes para a pesquisa científica. Entretanto, a integração destes diversos conhecimentos exige uma nova metodologia de pesquisa, como proposta pela pesquisa-ação. Na pesquisa-ação vivencia-se a relação cíclica entre a reflexão teórica e análise científica e a prática, a geração empírica do conhecimento e a modificação da prática a partir da reflexão sobre ela (Tripp, 2005).

A pesquisa-ação busca integrar os agricultores em todo o ciclo da pesquisa desde a geração da pergunta, passando pela experimentação e coleta de dados até a reflexão sobre o resultado e, possivelmente, geração de uma nova pergunta. Esta forma de pesquisa favorece a apropriação do conhecimento, sendo capaz de formar “agricultores-experimentadores” mais capazes de buscar soluções e testá-las de forma consciente para melhoria da qualidade de vida da família no campo (Gonçalves et al., 2005).

No processo da pesquisa-ação, a sistematização das informações geradas nas práticas de agricultores familiares e camponeses é importante. A sistematização consiste na documentação e análise destas informações formalizando, divulgando e buscando a aproximação entre sabedoria popular e a ciência formal. Além disto, as sistematizações de experiências são processos que favorecem o exercício de reflexão sobre a prática nas comunidades e têm sido usadas frequentemente na agroecologia visando dar subsídios para compreensão dos processos e re-planejamento por parte das famílias agricultoras e pesquisadores (Altieri, 2004). Este processo consiste na reconstrução e reflexão analítica sobre determinada prática desenvolvida pra compreendê-la melhor, levantar e consolidar as lições aprendidas (Chavez-Tafur, 2007).

Uma sistematização dos aprendizados com sistemas agroflorestais, tecnologia essa utilizada em cultivos agroecológicos, foi realizada por Souza et al. (2012) em seis municípios da Zona da Mata de Minas Gerais. As experiências com os sistemas agroflorestais foram implantados e desenhados desde a década de 1990 por famílias agricultoras organizadas em Sindicatos de Trabalhadores Rurais e por técnicos do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM) que buscavam, com estas práticas, reverter a situação de degradação dos solos, erosão, desaparecimento de nascentes e perda da qualidade da água decorrente das práticas agrícolas adotadas (Cardoso et al., 2001).

Durante a sistematização os agricultores apontaram, com base em suas observações diárias, vários serviços ambientais prestados pelos sistemas agroflorestais. Alguns deles, tais como a melhoria da qualidade do solo e aumento da agrobiodiversidade foram também verificados pela pesquisa científica (Coelho, 2008; Fávero et al., 2008; Souza et al., 2010; Duarte et al. 2013). Outros, como a melhoria da qualidade da água e aumento da sua quantidade nas propriedades rurais também foram apontados pelos agricultores, contudo os resultados necessitam de mais estudos para serem melhor compreendidos e analisados (Souza et al., 2012).

Informações sobre o impacto dos sistemas agroecológicos, em particular sistemas agroflorestais, sobre os recursos hídricos podem ser úteis no reconhecimento destes agroecossistemas como produtores de água e conservadores da qualidade deste recurso natural, contribuindo assim para a ampliação do uso destes sistemas.

Diante do exposto, objetivou-se nesta pesquisa registrar e sistematizar as experiências agroecológicas de famílias agricultoras no município de Araponga (MG), que identificam impactos positivos de suas práticas nos recursos hídricos locais.

2. Material e Métodos

A pesquisa foi desenvolvida em propriedades rurais, localizadas no município de Araponga, MG, cuja sede localiza-se nas coordenadas 20° 48’ S e 42° 32’ W. Foram entrevistadas oito famílias, sendo seis em diferentes locais da bacia do córrego São Joaquim, uma na comunidade de Pedra Redonda e, uma na comunidade Córrego dos Lanas. Estas comunidades estão localizadas na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro – PESB - (Figura 1) sendo que Pedra Redonda e Córregos dos Lanas ficam mais próximos à área sede do PESB. Este Parque Estadual é remanescente da Mata Atlântica, um dos biomas brasileiros mais ameaçados na atualidade e considerado um dos *hotspot* em biodiversidade (Myers et al., 2000).

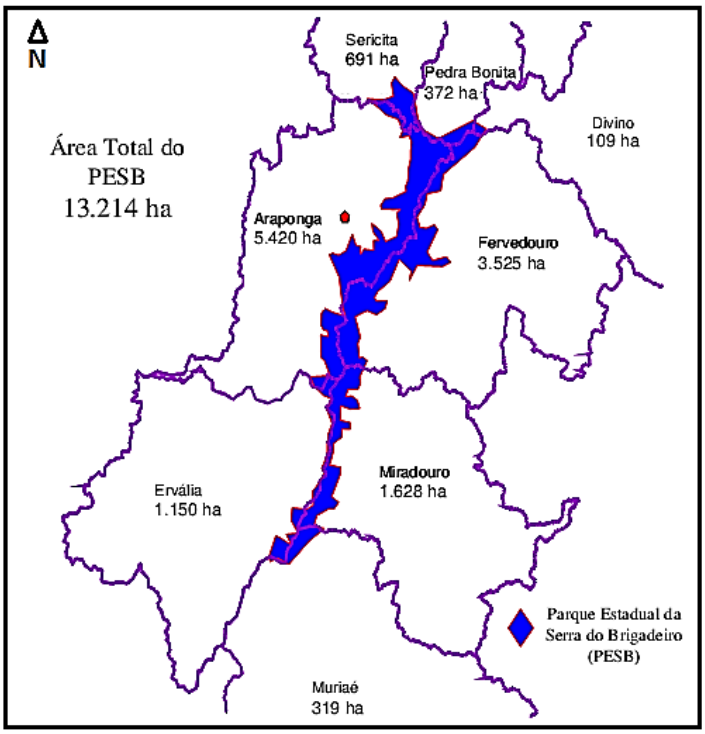

Figura 1 – Mapa do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), com os oito municípios limítrofes e suas respectivas áreas dentro do parque. Fonte: BONFIM (2001), adaptado de Rolim (1999).

Nessas comunidades podem ser encontradas duas formas distintas de uso da terra: uma com maior utilização de insumos (nas culturas agrícolas e pecuárias), pouca diversidade com predominância de monoculturas e outra, com manejo agroecológico utilizando práticas mais sustentáveis, como a adoção o uso de sistemas agroflorestais e a não utilização de agrotóxicos nas atividades agropecuárias. Essas famílias, que trabalham nas unidades com manejo considerado agroecológico, participaram do processo de experimentação com sistemas agroflorestais e estão em transição agroecológica. Nesta transição alguns dos principais itens apontados pelos agricultores são a eliminação do uso de agrotóxicos e a diversificação dos sistemas produtivos.

A bacia hidrográfica do São Joaquim (Figura 2) foi previamente avaliada em estudo que versou sobre a diferenciação de usos da terra e o mapeamento de nascentes com participação de agricultores e agricultoras. No “SIG participativo” realizado por Portes (2010) foram levantadas um total de 81 propriedades, sendo 26／ propriedades agroecológicas, 10／ transicionais e 64／ convencionais. Nessa microbacia, que tem área total de aproximadamente 1089 ha, foram mapeadas pelos agricultores que participaram da referida pesquisa mais de 50 nascentes (Portes, 2010).

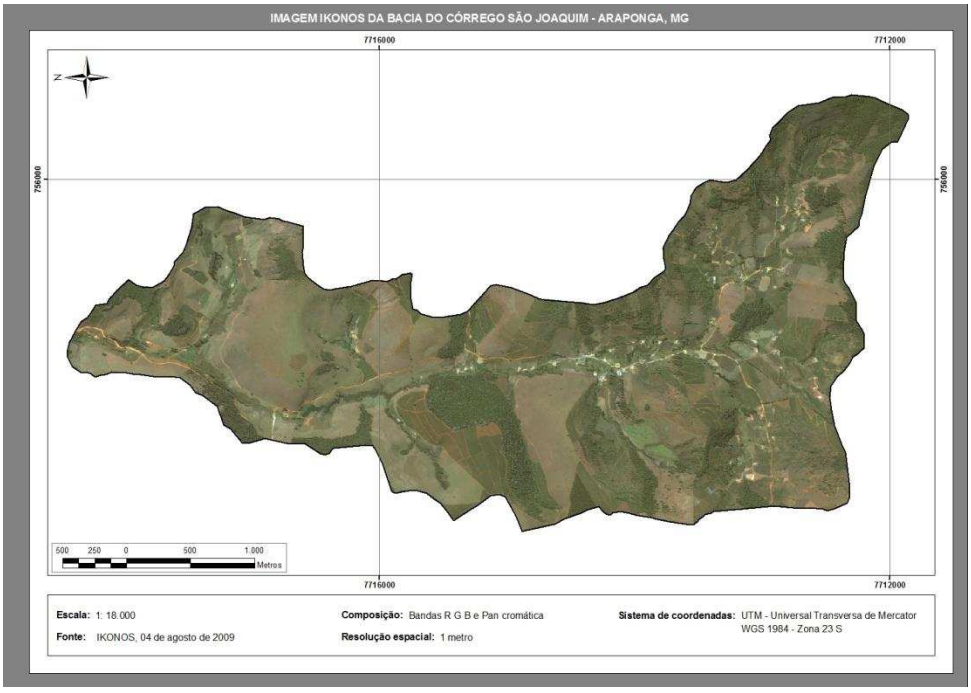

Figura 2 - Imagem IKONOS da Microbacia do São Joaquim, Araponga-MG (Portes, 2010).

2.1. Entrevistas semi-estruturadas

Para o levantamento das informações sobre o histórico das áreas e o impacto da transição agroecológica na quantidade e na qualidade da água foram feitas entrevistas semiestruturadas com oito famílias em transição agroecológica.

Um roteiro foi elaborado para a entrevista e utilizado como um guia durante a conversa com os entrevistados. O guia foi utilizado em uma conversa informal, relatada e posteriormente sistematizada. Com o uso do roteiro objetivou-se orientar e não delimitar as possíveis informações que surgiram ao longo da entrevista. Dentre os itens do roteiro, constaram o histórico da família, das propriedades, diferentes técnicas produtivas adotadas, aspectos relacionados ao uso e destinação da água e as observações ao longo dos últimos anos referentes à qualidade e quantidade de água na propriedade.

As entrevistas foram marcadas após o primeiro contato com as famílias e a autorização para uma possível realização de pesquisas em suas propriedades. Os membros das famílias que participaram da entrevista diferiram quanto ao gênero e idade, conforme a disponibilidade em cada um dos casos. Na maioria das vezes foi entrevistado o homem mais velho da família na presença dos demais familiares. Durante as entrevistas duas pessoas anotaram as informações para que fossem analisadas e sistematizadas posteriormente.

3. Resultados e Discussão

As informações obtidas a partir das experiências das famílias e a metodologia utilizada permitiram o entendimento do efeito das práticas de manejo dos solos na mudança do regime hídrico dos agroecossistemas e propiciaram um contato mais próximo com os agricultores. A relação de confiança estabelecida foi necessária para o bom desenvolvimento de um trabalho participativo de longo prazo.

Para as famílias entrevistadas, a preocupação com a conservação do solo e da água começou a partir da conscientização que emergiu, principalmente, devido à percepção da erosão e da perda da capacidade produtiva dos solos. Muitos agricultores, quando não eram proprietários da terra, ficavam condicionados a adotar as práticas ditadas pelo proprietário, pois trabalhavam como parceiros ou meeiros. Nesta época costumavam praticar queimadas, aração e cultivar arroz de sequeiro. O cultivo de arroz de sequeiro expõe muito o solo e por isto favorece a erosão. Áreas onde o arroz foi cultivado intensamente são denominadas pelos agricultores de “cemitério de arroz”, como forma de caracterizar a intensidade da degradação (Irene Cardoso, informação pessoal). Por sua vez, as pastagens não eram manejadas e o sobrepastejo e o pisoteio dos animais levou a compactação e à degradação dos solos.

A situação previamente descrita, segundo as famílias, agravou-se e refletiu na degradação dos recursos hídricos levando a diminuição da disponibilidade de água para as famílias. Programas governamentais para drenagem de várzeas para o aproveitamento agrícola destas áreas, segundo eles, também impactaram as microbacias contribuindo também para a diminuição das águas. A adoção de adubos e, principalmente, de agrotóxicos, conforme depoimento dos entrevistados, contribuíram para a queda na qualidade da água. Neste sentido, uma das famílias mencionou que antes pescavam no Córrego São Joaquim, mas que recentemente já chegaram a pegar peixes com deformações similares a verrugas, tendo receio de consumi-los. Essas informações exigem maior aprofundamento em outros

trabalhos de pesquisa, que estão sendo realizados na Bacia do São Joaquim utilizando peixes como indicadores de qualidade da água.

3.1. Histórico de recuperação das áreas

O primeiro passo para iniciar a recuperação das áreas na comunidade de São Joaquim deu-se com a organização dos agricultores para a conquista conjunta de terras. A conquista conjunta de terra pode ser descrita como a auto-organização entre trabalhadores(as) rurais e pequenos(as) proprietários(as) para a compra conjunta, através de um arranjo coletivo de microfinança. Neste processo, uma área de terra é adquirida coletivamente, que é então dividida entre as novas famílias proprietárias a partir de critérios definidos pelo grupo. Cada família recebe de 3 a 15 hectares. Os que têm melhores condições fazem um empréstimo solidário ao companheiro para a compra da terra. A dívida é sempre paga com os produtos que o contraente da dívida colher, como sacas de café, milho, feijão e também em cabeças de gado, com o valor do dia do pagamento, sem cobrança de juros (Campos, 2006). A experiência vem acontecendo desde 1989 e, em 2005, foi uma das finalistas do prêmio Fundação Banco do Brasil de Tecnologias Sociais (fonte: http://www.tecnologiasocial.org.br/bts/).

A conquista de terra foi uma iniciativa fundamental para a implantação do manejo agroecológico dos agroecossistemas, pois possibilitou autonomia às famílias, permitiu que começassem a tomar suas próprias decisões e fazer experimentações com tecnologias alternativas em cada propriedade. Esta solução despertou nos agricultores a ideia de que é possível, por meio de articulação e união, ter acesso à terra; construiu e reforçou laços de solidariedade e confiança; contribuiu para a sustentação de redes familiares e de vizinhança; além de ter favorecido a participação da mulher na luta pela terra. Dentro da conquista conjunta foram criados pelos(as) agricultores(as) “Os Dez Mandamentos da Conquista de Terra” (Anexo 1), que ajudam a guiar as famílias antes e depois de finalizado o processo. Estes mandamentos tratam do respeito ao meio-ambiente com intuito de propiciar melhor convivência entre o homem, a mulher e a

natureza, através da recuperação e conservação do solo, cuidados com a água e com os animais.

Os agricultores entrevistados das comunidades de Lanas e Pedra Redonda acessaram a terra por herança, no entanto, reconhecem a importância da posse da terra para a autonomia das decisões do manejo a ser realizado na propriedade.

O agricultor da comunidade de Pedra Redonda relata que mesmo antes de acessar a terra, quando esta ainda pertencia ao seu pai, a queda na produtividade das lavouras anuais, milho e feijão, que eram plantadas em sistema rotativo e com prática de queimada, levaram a buscarem outras alternativas. Nesta época também criavam porcos para produção de banha, porém com a redução no consumo pela popularização dos óleos de origem vegetal, decidiram começar a plantar café já adotando técnicas mais conservacionistas de preservação do solo, como plantio em nível e roçada da vegetação espontânea. Além dos fatores de degradação pelo manejo anteriormente adotado, nesta área da Pedra Redonda existe uma peculiaridade, pois o solo é raso, ocorrem muitos afloramentos rochosos, portanto a erosão e a variação da vazão ao longo do ano tendem a serem maiores, influenciadas por estas características naturais.

Todas as famílias entrevistadas iniciaram suas experiências de transição agroecológica a partir do contato com o Sindicato dos Trabalhadores Rurais (STR) de Araponga. O sindicato trabalhava em parceria com o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), que na época divulgava técnicas de produção conservacionistas como curvas de nível, compostagem, cobertura do solo pelo manejo das plantas espontâneas e o plantio de leguminosas para adubação verde. (Duarte et al., 2008). Os agricultores contam que as terras estavam bastante degradadas, praticamente sem matéria orgânica, pois o relevo acidentado e o solo desprotegido deixavam as áreas bastantes sujeitas à erosão. A degradação dos solos, ou o enfraquecimento das terras, foi apontado como principal problema no diagnóstico rural participativo realizado no município de Araponga em 2003 (Duarte et al., 2008; Souza et al., 2012).

No intuito de reverter a situação de degradação, alguns agricultores familiares de Araponga optaram por técnicas conservacionistas de manejo do solo. A experimentação com sistemas agroflorestais (SAFs) foi sugerida pelos técnicos como uma tecnologia capaz de diversificar a produção, além de recuperar os solos, no entanto, à medida que a experimentação foi evoluindo outros resultados foram observados como a conservação e recuperação das águas.

Com os SAFs, espécies arbóreas foram incorporadas nos cafezais e pastagens (Cardoso et al., 2001). Um agricultor entrevistado da comunidade de Lanas conta que começou a deixar as árvores no café e parou de capinar depois de uma reunião que participou junto com parceiros do STR de Araponga, o CTA-ZM e a UFV, na qual foi incentivado o uso dos SAFs. Os sistemas agroflorestais são capazes de gerar serviços ambientais e têm sido apontados como alternativa conservacionista de uso do solo por ajudar na contenção da erosão, na formação de corredor para a fauna silvestre, na melhoria da qualidade e quantidade de água, na fixação de carbono, no incremento da fauna edáfica, entre outros benefícios (Franco et al., 2002; Williams-Guillén et al., 2008; Nair et al., 2009; Cerdán et al., 2012). Além destes serviços ambientais prestados, estes sistemas permitem melhor aproveitamento da área de produção pela diversificação e integração de diferentes extratos de vegetação no mesmo local.

Os topos de morro das propriedades estudadas foram reflorestados ou são manejados com café em sistema agroflorestal. Os cafezais localizados fora dos topos dos morros e as pastagens também foram transformados em SAFs. Para isto, a principal técnica utilizada foi o manejo da vegetação que naturalmente cresce no local. As plantas espontâneas são manejadas com roçada, garantindo que o solo fique coberto a maior parte do tempo, e favorecendo a ciclagem da matéria orgânica e a conservação do solo. As árvores que compõe os sistemas agroflorestais são selecionadas seguindo critérios de compatibilidade com o café e com as forrageiras das pastagens e são priorizadas aquelas que nascem espontaneamente nas áreas (Freitas et al., 2009; Souza et al., 2010).

Após 25 anos de experimentação com sistemas agroflorestais as famílias veem os resultados na produção diversificada enriquecendo a alimentação em casa, no solo recuperado e na água em abundância (Souza et al., 2010).

O relato dessas experiências, em conjunto com o de muitas outras realizadas no Brasil, contribuíram para justificar alterações significativas (Irene Cardoso, informação pessoal)na legislação brasileira (CONAMA, Resolução 369/2006), reconhecendo que os sistemas agroflorestais contribuem para a manutenção dos serviços ambientais nos agroecossistemas e podem ser utilizados pela agricultura familiar como opção de uso do solo em áreas de preservação permanente (APP), sendo considerada uma prática de interesse social. Outras resoluções do CONAMA como a 425/2010 e 429/2011 e a Instrução Normativa 5/2009 mencionam os sistemas agroflorestais como opção sustentável de manejo inclusive permitindo seu uso em áreas de preservação permanente (Meier et al., 2011). Os sistemas agroflorestais são reconhecidos como atividade produtiva sustentável e continuaram a ser, pelo novo Código Florestal (Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, com modificações introduzidas pela e Lei 12.717, de 17 de outubro de 2012), a ser consideradas como alternativa de uso do solo em áreas de uso restrito como regiões ciliares e próximas às nascentes.

A adequação do uso da propriedade segundo as leis ambientais foi questionada pelas famílias que argumentaram serem as exigências demasiadamente rigorosas para a agricultura familiar da região. A média das propriedades rurais em Araponga é de 10 ha, sendo áreas, na maioria dos casos, declivosas e muito ricas em mananciais hídricos, consequentemente posuindo muitas áreas classificadas como de preservação permanente (APP) e, portanto, com uso restrito pela legislação florestal brasileira (Meier et al., 2011). Com o intuito de produzir nestas áreas, as famílias têm enfrentado desafios e uma das soluções encontradas por estes (as) agricultores (as) foi o cultivo em sistemas agroflorestais.

3.2. Recuperando as nascentes e córregos

Todo o processo de recuperação das terras com sistemas agroflorestais e as práticas de reflorestamentos contribuíram pra a recuperação das nascentes. Além disto, as nascentes e áreas próximas ao corpo hídrico foram cercadas para evitar o acesso de animais, sendo usados bebedouros distantes dos cursos d'água para dessedentação dos animais . O cercamento não foi feito segundo a legislação vigente na época, o antigo Código Florestal (BRASIL, 1965). Como as unidades familiares são muito pequenas, a destinação de 30 metros de cada lado ao longo do córrego ou de 50 m no entorno das nascentes para área de preservação poderia limitar, segundo os agricultores, a área já destinada aos cultivos comprometendo a renda da família. As famílias optaram por fazer o cercamento em distancias que variaram de cinco a dez metros dos córregos e em torno de quinze metros de raio ao redor das nascentes.

Além do uso da vegetação espontânea, que surgiu no entorno das nascentes e córregos, assim como nas demais áreas, os agricultores usaram também sementes e mudas para reflorestamento e recuperação das áreas próximas aos corpos hídricos e também para formação dos sistemas agroflorestais. Coletavam sementes ou mudas em matas próximas ou na beira de estrada que eram lançadas ou plantadas no terreno no processo de revegetação das nascentes e demais áreas. Os agricultores destacam que devem ser plantadas as espécies que naturalmente nascem na região, pois são as mais adaptadas e a própria natureza está mostrando como o local deve ser reflorestado. Assim, ao observarem as plantas que estão nascendo espontaneamente, os agricultores as utilizam no enriquecimento. O uso de sementes e não o de mudas é recomendado no processo de revegetação, segundo um dos agricultores entrevistados. Segundo ele quando se faz a semeadura a lanço, a própria seleção natural indica as espécies e indivíduos que irão permanecer. Com isto, não força a natureza a aceitar o que ela não quer e evita "o trabalho de plantar mudas que irão ser rejeitadas". Conforme observação de alguns agricultores, quando as plantas nascem das sementes já no local definitivo, a necessidade do controle de formigas

cortadeiras diminui. Os principais passos adotados pelas famílias agricultoras para recuperação dos solos e águas estão sintetizados no Boxe 1.

Boxe 1. Passos adotados pelas famílias agricultoras para recuperação dos solos e águas

1. Posse da terra através da "Conquista Conjunta de Terras"
2. Reflorestamento e ou uso de sistemas agroflorestais nos topos de morros Diversificação com uso de sistemas agroflorestais nas pastagens e cafezais
3. Roçagem da vegetação espontânea herbácea (mato) e eliminação ou diminuição das capinas
4. Eliminação do uso de agrotóxicos
5. Cercamento e revegetação de nascentes e córregos

3.3. Colhendo os frutos, ou melhor, as águas

Uma das primeiras áreas adquiridas na Conquista Conjunta de Terras não possuía nascentes ativas, pois as duas existentes haviam secado e, por este motivo, a família consegui adquirir a terra a um custo bastante baixo. Depois de pouco mais de duas décadas de recuperação desta microbacia, existem duas nascentes permanentes, que abastecem a propriedade e uma família vizinha. Da mesma forma que a conservação da água interfere positivamente nas propriedades vizinhas, o mau uso e o descaso pode ser fonte de contaminação como lembram as famílias entrevistadas: "Para água não existe cerca e todas as propriedades acabam estando ligadas e sofrendo as consequências de atitudes dos vizinhos próximos ou mesmo os mais distantes". As propriedades maiores, que não são de agricultores familiares tendem a ter mais pastagem, que estão, na maioria dos casos, degradadas. As famílias entrevistadas mencionaram que se preocupam com a erosão vinda destas áreas para o córrego que além de trazer partículas e assorear o curso d'água podem contaminar a água com resíduo de herbicidas ou outros agrotóxicos utilizados.

O histórico resgatado relata que, em uma das propriedades adquirida pela compra conjunta de terras, moravam anteriormente duas famílias em constante

conflito pelo acesso a uma nascente com pequeno volume de água. Atualmente o agricultor, que cuida desta propriedade junto com a família, ressalta que a mesma nascente abastece sete casas e ainda sobra água. Nessa microbacia, a cerca ao redor da nascente já foi mudada de lugar sete vezes, pois a nascente foi "subindo". É por isto que se costuma dizer que nesta propriedade "a água sobe" (Ferrari et al., 2010; Carneiro et al., 2009). Uma destas casas abastecidas pela nascente é de outro agricultor que também recuperou sua área fazendo a incorporação das árvores nos sistemas de cultivo, além de roçada e a eliminação do uso de agrotóxicos.

As condições físicas do solo estavam prejudicadas e o período de recuperação foi longo, mesmo com utilização de matéria orgânica, esterco, roçadas e plantio de árvores. Com a diversificação, a cobertura do solo e o cuidado para preservar a água, mantendo-a sem o pisoteio de animais, os(as) agricultores(as) perceberam que a qualidade da água melhorou bastante em aspectos perceptíveis como cor e sabor. No início, Cosme Damião (*in memoriam*) relatou que nem o adubo químico conseguiu fazer com que a terra voltasse a produzir, e existiam muitas plantas indicadoras de solo degradado, como o sapé que dominava a área. Atualmente, além de ser possível produzir nesta propriedade, já se observou o aumento do nível do lençol freático a partir dos cuidados com a terra. Nesta propriedade foi feito um poço "semi-artesiano" e a água foi facilmente encontrada, uma água de boa qualidade e próxima a casa. O antigo dono havia comentado que naquela propriedade "a água não viria mais", mas o agricultor disse que atualmente onde perfurar na propriedade, encontra-se água.

O mapeamento participativo das nascentes feito no estudo de Portes (2010) fez com que os agricultores da Bacia do São Joaquim recordassem de nascentes que secaram e de outras que foram recuperadas após a adoção do manejo baseado em princípios agroecológicos. O mapa com uso do solo e localização das nascentes, um dos resultados do trabalho mencionado, é apresentado na Figura 3.

Em outra propriedade da bacia do São Joaquim, quando a família adquiriu a terra através da conquista conjunta o solo estava bastante degradado pelo pisoteio excessivo do gado. As plantas que dominavam na área eram o cambará, o capim rabo de burro e alecrim do campo. A primeira prática adotada foi fazer cordões de contorno próximos à nascente plantando samambaia-uçu, bananeira e conta de lágrima, além da utilização de adubação verde e incorporação das árvores à medida que iam conseguindo implantar o cafezal. O vizinho que utiliza da água desta nascente agradece muito o cuidado da família, pois antes a nascente secava no período de seca e atualmente ela é perene e tem água suficiente e de qualidade para abastecer a família e ainda sobra. Mesmo cultivando os SAFs em áreas bastante declivosas, o agricultor afirma que não vê mais enxurrada como antigamente, já que hoje o solo é mantido sempre coberto, com uso de leguminosas como o amendoim-forrageiro e o lab-lab.

Nos sistemas agroflorestais as famílias notaram que o escoamento superficial é menor e que a chuva é amortecida pelas copas das árvores e pela cobertura vegetal rasteira, motivos que foram apontados por eles para a conservação do solo e da água. Franco et al. (2002) realizaram estudo comparativo de perda de solo entre cafezais em sistemas agroflorestais (SAFs) e em café a pleno sol, na estação chuvosa do período de 1998-1999, e verificaram perdas (em $kg.ha^{-1}$) dez vezes maior em cafezais a pleno sol. Em estudo feito na Costa Rica (América Central), agricultores mencionaram o controle da evapotranspiração, a elevação da umidade do solo, o controle da erosão, o aumento na infiltração de água como mudanças proporcionadas pela incorporação dos sistemas agroflorestais com o café, tradicionalmente cultivado na região (Cerdán, 2012).

Na Tabela 1 encontram-se as características observadas pelas famílias agricultoras em suas propriedades antes e após o processo de transição agroecológica.

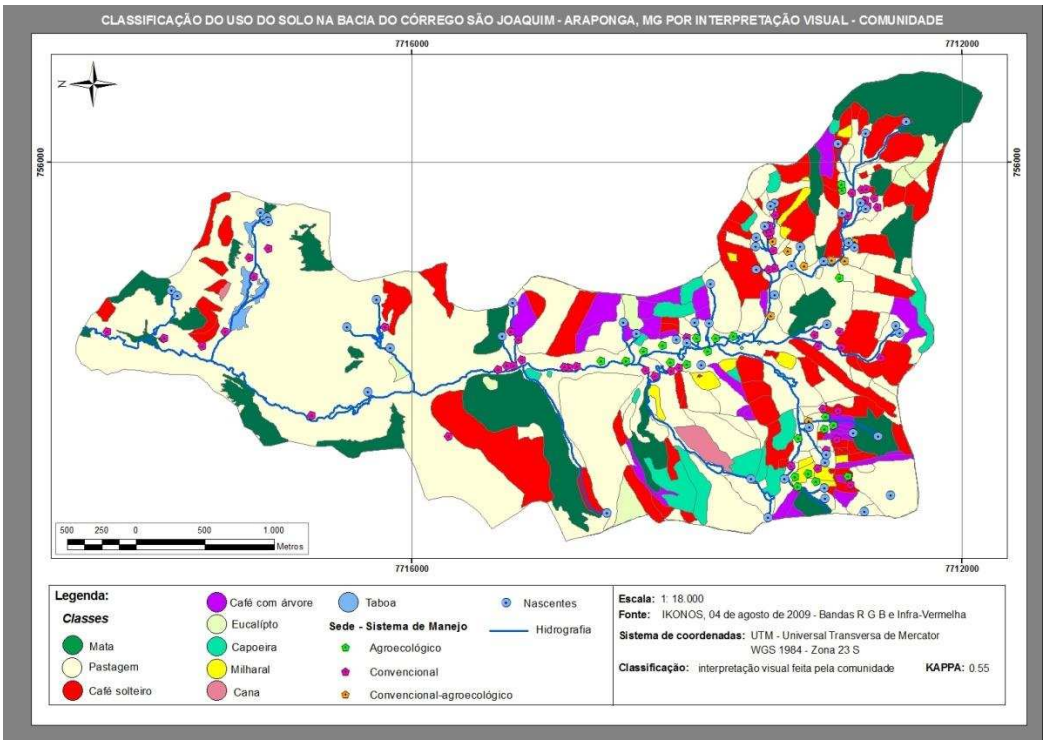

Figura 3 – Interpretação visual do uso do solo e localização das nascentes feita por agricultores(as) familiares da Bacia do São Joaquim, Araponga-MG (Portes, 2010).

Tabela 1 – Cenário observado pelas famílias em transição agroecológica nas suas propriedades.

Cenário antigo	Cenário atual
Solos descobertos, compactados	Vegetação espontânea manejada com roçadas
Erosão intensa	Erosão controlada
Cultivo de arroz, pastagem e café em monocultura	Sistemas agroflorestais com café e pastagem
Uso indiscriminado de agrotóxicos	Sem uso de agrotóxicos
Nascentes secas	Nascentes aflorando
Cursos d´água intermitentes	Cursos d´água permanentes

Os agricultores que participaram da pesquisa aqui apresentada participaram também do processo de construção dos critérios necessários para a transição agroecológica. Estes critérios foram elaborados em seis reuniões com a participação de agricultores(as), mediadas por técnicos do CTA-ZM, professores e estudantes da UFV e Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Araponga. Segundo os(as) agricultores(as), esses critérios são apenas referências e e estão seguros de

que atualmente nenhum agricultor os segue completamente. Entre os critérios (Anexo 2) estão alguns que se relacionam direta ou indiretamente com a preservação dos recursos hídricos como: não colocar fogo; recuperar e proteger nascentes; cuidar do solo deixando-o coberto para evitar erosão, inclusive na pastagem; manter a diversidade de plantas na propriedade, no cafezal, na pastagem e no quintal, ter árvores frutíferas e não frutíferas, horta e plantas medicinais; cuidar das árvores deixando-as crescerem naturalmente; se possível, deixar a terra descansar um pouco; ter um número de animais nas pastagens que não as degradem; não deixar a água escorrer na propriedade, inclusive nas estradas e contribuir para a distribuição justa da terra participando da conquista de terras ou promovendo outras ações que contribuam para que todos tenham terra para trabalhar. A conquista de terra é importante, pois gera autonomia no manejo e permite o uso de técnicas corretas na propriedade.

4. Conclusões

Os relatos dos agricultores permitem concluir que o manejo de transição agroecológica adotado contribui para a recuperação e conservação da água, já que em todas as propriedades foram registradas evidências consistentes de aumento regular da quantidade de água nas nascentes já existentes, ressurgimento de nascentes e aumento do nível do lençol freático.

O impacto do manejo agroecológico do solo foi gradual e a recuperação das áreas é um processo de longo prazo. Isto dificulta a realização de pesquisas quantitativas durante todo o processo. Para isto um processo denso de monitoramento precisa ser estabelecido, o que exige investimento e muitos recursos humanos, nem sempre disponíveis.

O conhecimento obtido empiricamente pelas famílias contribuiu para a geração de informações que subsidiaram as pesquisas. As pesquisas científicas são importantes para contribuir no entendimento das práticas e mudanças observados com adoção de sistemas agroflorestais.

As metodologias participativas utilizadas na pesquisa possibilitaram que as famílias se sentissem parte do processo de construção do conhecimento e contribuíssem com o desenvolvimento e discussão dos resultados junto com a equipe de pesquisadores. Este diálogo enriqueceu a aprendizagem e a interpretação dos fenômenos.

Das semelhanças entre as práticas e métodos adotados por diferentes agricultores e os consequentes impactos positivos observados, emergiu a necessidade de se aprofundar e quantificar os processos envolvidos nas mudanças observadas na água, apresentados no capítulo 3

5. Referências Bibliográficas

ALTIERI, M. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. Front. Ecol. Environ, 2: 35-42, 2004.

ALVES, A. G. C.; SOUTO, F. J. B. & PERONI, N. Etnoecologia em perspectiva: natureza, cultura e conservação. Recife: Nupeea, 2010. 275p.

BARRERA-BASSOLS , N. & ZINCKB, J. A. Ethnopedology: a worldwide view on the soil knowledge of local people. Geoderma, 111: 171-195, 2003.

BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Lei 4771 de 15 de setembro de 1965. Disponível em <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l4771.htm> acesso em 30 de julho de 2013.

BROOKFIELD, H. & GYASI, E. A. Academics among farmers: Linking intervention to research. Geoforum, 40: 217-227, 2009.

BROOKFIELD, H. & PADOCH, C. Appreciating agrodiversity, a look at the dynamism and diversity of indigenous farming practices. Environment, 36: 6-11, 1994.

CAMPOS, A. P. T. "Conquista de Terra em Conjunto": Redes Sociais e Confiança – A experiência dos agricultores e agricultoras familiares de Araponga-MG. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 102p. (Dissertação)

CARVALHO, A. F. de Água e radiação em sistemas agroflorestais com café no Território da Serra do Brigadeiro-MG. Universidade Federal de Viçosa, 2011. 124p. (Tese)

CHAVEZ-TAFUR, J. Aprender com a prática: uma metodologia para sistematização de experiências. Brasil: AS-PTA, 2007

COELHO, F. M. Polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação. Universidade Federal de Minas Gerais, 2008. 89p. (Tese de Doutorado)

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 369, de 28 de março de 2006. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res36906.xml>. Acesso em 21 Jun. 2013.

COSTABEBER, J. A. Acción colectiva y procesos de transición agroecológica en Rio Grande do Sul, Brasil. Universidad de Córdoba, 1998. 422p. (Tese) Disponível em <http://www.mda.gov.br/portal/saf/arquivos/view/ater/teses/Acci∕ C3∕ B3n Colectiva y Procesos de Transici∕ C3∕ B3n.pdf>. Acesso em 23 abr. de 2013.

CTA-ZM. Conquista Conjunta de Terras, um caminho original e eficiente. Revista 15 anos CTA. Viçosa: CTA-ZM, 2002. 26p.

DUARTE, E. M. G. Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. Universidade Federal de Viçosa, 2007. 115p. (Dissertação)

DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M. & FÁVERO C. "Terra Forte". Rev. Agri., 5: 11-15, 2008.

DREW, J. A. & HENNE, A. P. Conservation biology and traditional ecological knowledge: integrating academic disciplines for better conservation practice. Ecol. and Soc., 11: 34, 2006.

FAO, Food and Agriculture Organization. The state of food and agriculture - 2007: Paying farmers for environmental services. 222p. (FAO, Rome, 2007) Disponível em <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1200e/a1200e00.pdf>. Acesso em 15 mar. de 2013.

FÁVERO, C.; LOVO, I. C.; MENDONÇA, E. S. Recuperação de área degradada com sistema agroflorestal no Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Rev. Árvore, 32(5):.861- 868, 2008.

FREITAS, A. F.; PASSOS, G. R.; FURTADO, S. D. C.; SOUZA, L. M.; ASSIS, S. O; MÉIER, M.; SILVA, B. M.; RIBEIRO, S.; BEVILACQUA. P. D.; MANCIO, A. B.; DOS SANTOS, P. R. E. & CARDOSO. I. M. Produção Animal Integrada aos Sistemas Agroflorestais: Necessidades e Desafios. Rev. Agric., 6: 12-17, 2009.

GEILFUS, F. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnostico, planificación, monitoreo e Evaluación. 8. Ed. San José, IICA, 2002. 217 p.

GONSALVES, J.; BECKER, T.; BRAUN, A.; CAMPILAN, D.; CHAVEZ, H. E; FAJBER, E.; KAPIRIRI, M.; RIVACA-CAMINADE, J. & VERNOOY, R. Participatory Research and Development for Sustainable Agriculture and Natural Resource Management: A Sourcebook. Volume 1: Understanding Participatory Research and Development. 1. Ed. Ottawa, IDRC, 2005. 276p. Disponível em <http://ibcperu.org/doc/isis/5674.pdf>. Acesso em 05 Abr. 2013.

GRACÍA, F.; PLAZAS, N.; CORTÉS, D. & RODRÍGUEZ, Y. Procesos agroecológicos, en Ventaquemada-Boyacá. Cul. Cient., 9: 68-75, 2011.

GUIVANT, J. Heterogeneidade de conhecimentos no desenvolvimento rural sustentável. Cader. de Ciên. & Tecnol., 14: 411-446, 1997.

CASADO, G. G.; MOLINA, M. G. & GUZMÁN, E. S. Introducción a la Agroecología como desarrollo rural sostenible. Madrid, Mundi-Prensa, 2000. 535p.

MACHADO, M. V. O.; BENJAMIM, L. A.; CARDOSO, I. M.; CAETANO, M. D. N.; SOUSA, T. F. C. W. L.; SILVA, A. L. M. S.; FERRARI, L. T.; MARCON, L.; SILVA FILHO, P. B. & DOS ANJOS L. R. A. Diagnóstico de situação dos cursos de água da comunidade de São Joaquim - Araponga/MG: Análises morfológicas de peixes e seu potencial como bioindicadores de poluição aquática. In: Simpósio de Integração Acadêmica. Universidade Federal de Viçosa, 2011.

MARCO JR. P. & COELHO, F. M. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures' pollination and production. Biod. and Conser., 13: 1245–1255, 2004.

MÉIER, M.; TEIXEIRA, H. M.; FERREIRA, M. G.; FERRARI, E. A.; LOPES. S. I.; LOPES, R & CARDOSO, I. M. Sistemas agroflorestais em áreas de preservação permanente. Agriculturas, 8: 2, 2011.

MYERS N.; MITTERMEIER R. A.; MITTERMEIER C. G.; DA FONSECA G. A. & KENT J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403: 853-858, 2000.

PORTES, R. C. Identificação do uso da terra sob manejo agroecológico utilizando imagem de alta resolução e conhecimento local. Universidade Federal de Viçosa, 2010. 85p. (Dissertação)

POUDEL, D. D., Sustainable food and agriculture. Agri. Syst., 80: 305-306, 2004. Disponível em <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X03001689>. Acesso em 08 fev. 2013.

SEUFERT, V.; RAMANKUTTY, N. & FOLEY, J. A. Comparing the yields of organic and conventional agriculture. Nature, 485:229-233, 2012.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C. P.; BONFIM, V. R.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A. F. & MENDONÇA, E. S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. Agrofor. Syst., 80: 1-16, 2010.

SOUZA, H. N. Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata mineira. Universidade Federal de Viçosa, 2006. 127p. (Dissertação)

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Edu. e Pesq, 31, 3: 443-466, 2005.

ZURAYK, R.; EL-AWAR, F.; HAMADEH, S.; TALHOUK, S.; SAYEGH, C.; CHEHAB, A. G. & SHAB, K. AL Using indigenous knowledge in land use investigations: a participatory study in a semi-arid mountainous region of Lebanon. Agric. Ecosyst. and Envir. 86: 247–262, 2001.

Capítulo 3

Sistemas Agroecológicos de Produção Conservam Solo e Água

RESUMO

A degradação do solo foi apontada como um problema comum enfrentado pelos agricultores na Zona da Mata de Minas Gerais. Buscando a recuperação das áreas, foi iniciada a experimentação com sistemas agroflorestais. Ao longo de mais de 20 anos realizando esta transição agroecológica nos sistemas de manejo na agricultura familiar, foram observadas mudanças na biodiversidade local, nos solos, na água entre outras. O aumento na quantidade de água e o afloramento de nascentes que haviam secado estimularam as famílias, os técnicos e pesquisadores a buscar o entendimento dos processos que levaram à alteração na dinâmica da água. Em parceria com técnicos e pesquisadores questionou-se a influência do manejo agroecológico dos agroecossistemas na dinâmica da água. Para entender este fenômeno e responder a algumas destas questões pesquisou-se a campo perda de solo, água, nutrientes e carbono e dinâmica da vazão de cursos d'água em microbacias com diferentes sistemas de manejo. As perdas de solo, água e nutrientes foram quantificadas através de coletor de erosão modelo Gerlach. As vazões foram medidas pelo método direto. Os cafezais em sistemas agroflorestais perderam menos solo do que cafezais manejados a pleno sol. As perdas de carbono e nutrientes foram predominantemente superiores nos sistemas a pleno sol. Nas pastagens em SAFs, as perdas de água foram menores do que pastagens a pleno sol. A regularidade da vazão também foi maior nas microbacias manejadas agroecologicamente. As diferenças de vazão entre os sistemas de manejo foram menos expressivas, devido à variação das classes de solo ocorrentes nas áreas estudadas. Parte dos sistemas agroecológicos, foram

implantados em solos mais rasos, com menor capacidade de infiltração e armazenagem de água. Apesar disso, os sistemas agroecológicos foram capazes de neutralizar essas propriedades desfavoráveis e se mostraram conservadores do solo e da água.

1. Introdução

Regiões declivosas com altos índices de precipitação limitam o uso e ocupação do solo (Young, 1997). Em muitas regiões do Bioma Mata Atlântica – um dos cinco *hotspot* de biodiversidade do planeta – apesar da declividade, os solos são profundos e possuem consequentemente intensa rede de drenagem. Portanto, a maior parte das áreas agricultáveis está localizada próxima às nascentes, cursos d'água, topos de morros e acima de 45º de inclinação. Neste caso há imposições legais de uso destas áreas (Brasil, 2012). A topografia acidentada da paisagem, por sua vez, não favoreceu a ocupação homogênea com sistemas intensivos e tecnificados de produção, o que levou à predominância de pequenas e médias propriedades e da agricultura familiar com uso de sistemas de produção diversificados (Carvalho, 2011).

No caso da Zona da Mata mineira, localizada no Bioma Mata Atlântica, com os incentivos para adoção de pacotes para a agricultura no Brasil durante a década de 1970, os agricultores intensificaram o uso de monoculturas e insumos externos causando problemas ambientais pela contaminação com agrotóxicos, deterioração da qualidade da água e do solo e redução da biodiversidade (Albergoni & Pelaez, 2007). Em diagnóstico rural participativo (DRP), realizado em 1993 no município de Araponga-MG, situado na Zona da Mata, a degradação dos solos foi apontada como principal problema, sendo a perda de solo por erosão indicada como uma das principais causas. Como forma de superar tal problema, os Sindicatos de Trabalhadores Rurais (STR) de alguns municípios, em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o CTA-ZM (Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata), responsáveis pelo DRP, iniciaram, em 1994, com alguns agricultores familiares experimentação participativa com sistemas agroflorestais (SAFs) com café e pastagem, que desde então tem se mostrado como alternativa para a recuperação do solo na região (Cardoso et al., 2001, Souza et al., 2010, Souza et al., 2012).

Os SAFs permitiram a melhoria da qualidade do solo, em especial pela maior cobertura do solo e proteção devido às copas das árvores e pela deposição de restos orgânicos em sua superfície. Estes sistemas proporcionaram também exploração pelas raízes das árvores e demais culturas de diferentes profundidades do solo. Com isto aumentou-se a infiltração da água e diminuiu a erosão, houve melhoria nas atividades biológicas edáficas e na eficiência da ciclagem de nutrientes (Franco et al., 2002; Duarte et al., 2013; Cardoso et al., 2010).

O sistema agroflorestal proporciona outros bens, como produção de madeira, frutos, sementes; e serviços, como sombra para os animais, ciclagem de nutrientes, aumento da biodiversidade local e da qualidade da forragem no caso das pastagens (Castro et al., 1996; Rozados-Lorenzo et al., 2007; Paciullo et al., 2008; Freitas et al., 2009).

A melhoria na qualidade do solo normalmente reflete na qualidade da água, pois as propriedades do solo interferem direta e indiretamente na infiltração e escoamento superficial da água, na evapotranspiração e em outros fenômenos relacionados ao ciclo hidrológico (Pinto et al., 2004). As práticas de manejo do solo, em especial por modificarem a cobertura vegetal presente, podem alterar a dinâmica da água no solo em particular e nas bacias hidrográficas em geral (Matos et al., 2011).

O aumento da quantidade e qualidade da água nas nascentes e cursos d'água de algumas propriedades e o ressurgimento de nascentes que estavam secas estão entre as mudanças observadas pelas famílias agricultoras, ao longo de mais de 20 anos de experimentação com os sistemas agroflorestais (Ferrari et al., 2010; Sousa et al., 2011). Estas observações foram relatadas durante a sistematização participativa dos sistemas agroflorestais quando foi apontada a necessidade de registrar e avaliar os impactos sobre os recursos hídricos das práticas de manejo do solo utilizadas pelos agricultores agroecológicos (Souza et al., 2012) gerando, com isto, subsídios para o reconhecimento e a valorização destas formas de manejo como geradoras de serviços ambientais.

O reconhecimento das práticas agroecológicas como geradoras de serviços ambientais e em especial daqueles relacionados à água pode contribuir para ampliar e consolidar as experiências agroecológicas e subsidiar a elaboração de políticas públicas que apoiem tais práticas nacionalmente (Ferrari et al., 2010). Buscou-se com este trabalho, avaliar as mudanças ocorridas nos recursos hídricos a partir da observação dos agricultores e do manejo agroecológico adotado, em especial com o uso de SAFs. Especificamente buscou-se i) quantificar as perdas de água, solo, nutrientes e carbono por erosão hídrica e; ii) quantificar a vazão dos cursos d´água de microbacias sob diferentes sistemas de manejo. Com estes dados, procurou-se entender as mudanças que podem ocorrer na dinâmica hídrica da região a partir da adoção das práticas agroecológicas.

2. Materiais e Métodos

2.1. Área de estudo

A pesquisa foi realizada no município de Araponga-MG, na microbacia do Córrego São Joaquim (Figura 1). O município de Araponga está localizado na Zona da Mata de Minas Gerais (coordenadas da sede 20° 48’ S e 42° 32’ W) e apresenta características representativas da região concernente à paisagem, ao uso, ocupação do solo e à produção agropecuária em unidades familiares.

A vegetação original é a floresta estacional semidecidual no Bioma Mata Atlântica. A temperatura média da região é de 18ºC, a precipitação anual varia de 1.200 a 1.800 mm, com um período seco de 2 a 4 meses. O relevo é montanhoso com declividade variando de 20 a 45⁄ nas encostas (Golfari, 1975) e a classe de solo predominante é a de Latossolos sendo em geral solos profundos, bem drenados, ácidos e com baixa disponibilidade de nutrientes (Ker, 1995). O município de Araponga encontra-se na área de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, portanto, local de interesse especial para a atuação e desenvolvimento de projetos de conservação da Mata Atlântica.

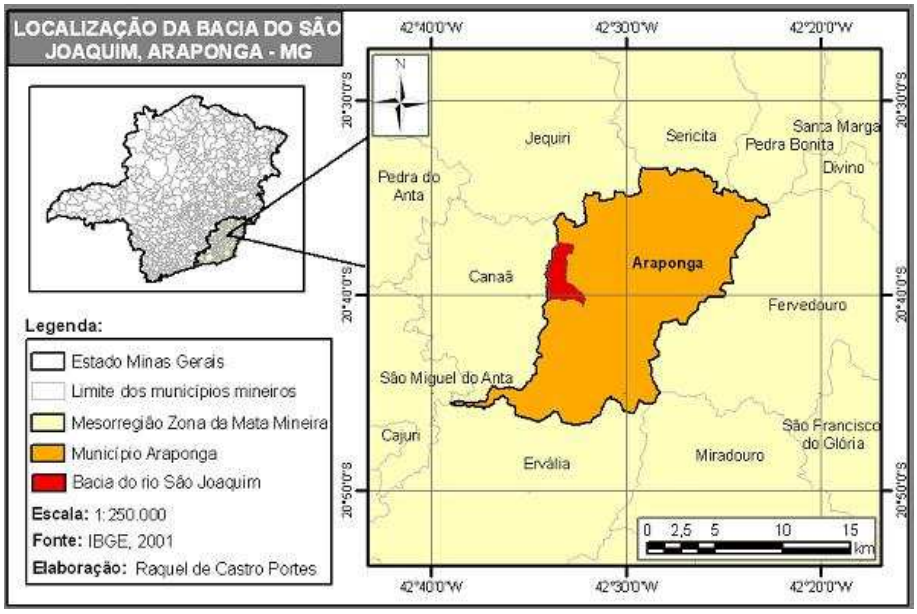

Figura 1 – Localização do município de Araponga-MG e da Bacia do São Joaquim (Fonte: PORTES, 2010).

2.1.1. Caracterização das microbacias e agroecossistemas estudados

Nas unidades produtivas (SAFF, SAFL, PSC, PSM) dois manejos distintos no que se referem as pastagens e cafezais foram identificados: a) O manejo agroecológico e o b) O manejo convencional. Nas unidades produtivas onde pratica-se o manejo agroecológico não se utiliza agrotóxico, há presença de espécies arbóreas, cultivos anuais e/ou frutíferas em consórcio com café (SAF_C) e o manejo das plantas espontâneas é feito apenas com roçadas. A pastagem agroecológica (SAF_P) refere-se a um manejo com uso de forrageiras diversificadas, manutenção de unidade animal por hectare compatível com a capacidade suporte não deixando o solo exposto em nenhuma época do ano fazendo a rotação dos animais conforme o consumo da forragem e a época do ano (buscando evitar o rebaixamento excessivo da forrageira no período de seca). Nessas pastagens é comum a presença de espécies arbóreas.

Nas unidade produtivas denominadas convencionais, o café é cultivado a pleno sol (PS_C) e são utilizados agrotóxicos para controle de doenças e pragas ou mesmo das plantas espontâneas que normalmente são manejadas com roçada e o uso herbicida uma ou duas vezes ao ano. Na pastagem convencional a pleno sol (PS_P) não é respeitada a capacidade suporte e tampouco é efetuada a rotação dos animais para pastejo, havendo predomínio de capim braquiária e podendo ser utilizado o fogo para o controle de plantas invasoras.

Quatro unidades produtivas foram previamente selecionadas para o estudo. Estas unidades são representativas da microbacia do rio São Joaquim e possibilitaram uma avaliação dos impactos do manejo adotado para os cursos d'água. Duas destas unidades produtivas foram consideradas agroecológicas e identificadas por L e F (letras do primeiro nome das agricultoras proprietárias), onde se cultivam café (C) em nível e em sistemas agroflorestais (SAF_CL e SAF_CF), e

pastagens (P) também em sistemas agroflorestais (SAF_PL e SAF_PF). Em duas propriedades consideradas convencionais, identificadas por M e C (letras do primeiro nome das agricultoras proprietárias), o café é cultivado em nível mas a pleno sol (PS_CM, PS_CC). As pastagens também são cultivadas a pleno sol (PS_PM e PS_PC).

As fotografias aéreas de cada unidade produtiva com os limites divisores de água encontram-se nas Figuras 2 e 3. Uma microbacia hidrográfica pode ser definida como aquela na qual a sensibilidade da vazão a chuvas de alta intensidade e os diferentes usos do solo não é suprimida pelas características da rede de drenagem (Câmara et al., 2006).

No campo foi feito caminhamento ao longo do que visualmente foram considerados os divisores de água de cada área de contribuição para os pontos de medição de vazão. Foram utilizadas imagens disponibilizadas no programa Google Earth®.

Além dos manejos distintos, há características geomorfológicas e pedológicas que distinguem as unidades produtivas e interferem nas variáveis estudadas. Em três das unidades produtivas (SAFF, PSC e PSM) predominam Latossolos e em SAFL a classe de solo predominante é Cambissolo (Carvalho, 2011). Em relação aos Latossolos, os Cambissolos são mais rasos e menos estruturados. Neste solos podem ocorrer também impedimentos de infiltração da água levando à maior velocidade de saturação do solo. Portanto, são solos com menor capacidade de armazenamento de água e maior possibilidade de escoamento superficial. Portanto, os solos pertencentes a esta classe são mais suscetíveis à desagregação por ação da água do que os Latossolos (Carvalho, 2011). Apesar do predomínio de Latossolo em SAFF, há nesta microbacia a presença de afloramentos rochosos e a forma do seu vale é mais fechada, indicativo da presença de solos também pouco desenvolvidos como os Cambissolos e inclusões de Neossolos.

Observa-se pelas figuras 2 e 3 que a pedoforma convexo-convexa está mais presente na unidade de produção PSM do que nas demais. Isto é indicador

de maior presença de Latossolos, que contribuem para melhoria na capacidade de infiltração e armazenamento de água no solo.

Em cada unidade foram escolhidos locais identificados por “c” e “p” nas figuras 2 e 3, para instalar coletores de erosão para estimar a perda de solo e água. Nas parcelas onde foram instalados os referidos coletores foram amostrados os solos para análise física e química de rotina realizada antes das coletas de dados de erosão com objetivo de caracterizar cada área.

Nestas unidades produtivas foram escolhidos também pontos para a determinação da vazão dos cursos d’água presentes nas quatro microbacias. Estes pontos foram georreferenciados com uso de GPS (Garmin® Montana 650). Os pontos amostrados estão identificados pelos números 1 (SAFF - Figura 2a) e 2 e 3 (SAFL, Figura 2b) nas duas unidades consideradas agroecológicas e números 4 (PSC - Figura 3a), 5 e 6 (PSM – Figura 3b) nas duas unidades produtivas consideradas convencionais.

As vazões foram determinadas em um ponto das unidades SAFL (ponto 1, figura 2a) e PSC (ponto 4, figura 3a) e em dois pontos nas áreas SAFL (pontos 2 e 3, Figura 2b) e PSM (pontos 5 e 6, Figura 3b). Em cada uma destas unidades, a vazão e a área de contribuição foram somadas, totalizando a vazão da área.

As áreas de contribuição para os pontos onde a vazão foi coletada em cada microbacia foi calculada com auxílio de ferramentas do software Arc Gis 10.1® . Tendo os pontos de coleta georreferenciados, foi construída a linha de drenagem e definido os divisores de água. A partir do modelo digital de elevação de cada terreno foi calculada a área de contribuição para cada ponto amostrado com uso do software citado.

1.1. Precipitação

A precipitação diária acumulada foi medida de agosto de 2011 a junho de 2013 utilizando-se estações meteorológicas simplificadas modelo Irriplus E1000 e pluviômetro manual graduado.

Figura 2 – Fotos das unidades produtivas agroecológicas (delimitação com linha clara) F (Figura 2a) e L (Figura 2b). Em ambas as unidades cultivam-se café e pastagens em sistemas agroflorestais (SAF). Nos pontos 1, 2 e 3 foram realizadas medições de vazão e no pontos identificados

como c e p de erosão. Fonte: Google Earth. Data da imagem: 27/09/2011.

Figura 3 – Fotos das unidades produtivas convencionais (delimitação com linha clara), C (Figura 3a) e M (Figura 3b). Em ambas as unidades cultivam-se café e pastagens em sistemas a pleno sol (PS), Nos pontos 4, 5 e 6 foram realizadas medições de vazão e no pontos identificados como c e p as coletas de erosão. Fonte: Google Earth. Data da imagem: 27/09/2011.

As estações, que foram instaladas nas unidades SAFF e PSC, fizeram o registro da precipitação diária acumulada. Os dados foram armazenados e transferidos para um computador portátil. As áreas onde foram instaladas as estações são distantes entre si e representativas da média de chuva na bacia do São Joaquim.

As precipitações também foram determinadas com auxílio de pluviômetro graduado manual, instalado na sede da Escola Família Agrícola (EFA) Puris localizada também na mesma microbacia do Córrego São Joaquim. Estes dados aferidos por uma agricultora familiar e funcionária da escola, foram utilizadas no período em que as estações pluviométricas apresentaram problemas. Com os dados da estação e do pluviômetro manual foram feitos os cálculo da precipitação mensal acumulada.

1.2. Uso e cobertura do solo do solo

1.3. Análise química e granulométrica do solo

A caracterização química dos solos em cada uma das áreas estudadas (SAF_pF, SAF_pL, PS_pC, PS_pM, SAF_cF, SAF_cL, PS_cC e PS_cM) foram feitas de acordo com EMBRAPA (2011), exceto Carbono Orgânico Total, analisado de acordo com Mendonça & Matos (2005). A análise granulométrica foi realizada por peneiramento e pelo método da pipeta com agitação lenta (EMBRAPA, 2011).

1.4. Perdas de água, solo e nutrientes

Para quantificar as perdas de água e solo, foram utilizados coletores modelo Gerlach adaptado para as condições da agricultura familiar (Franco et al., 2002). O coletor é composto de uma placa metálica com 20 cm de abertura, que é fixada no solo e acoplada a uma gaveta de metal móvel. Sacos plásticos

com volumes suficientes para armazenar o solo e a água foram afixados nesta gaveta (Figura 4, 5 e 6).

Em cada uma das áreas avaliadas foram instalados seis coletores em três parcelas com 3 m de comprimento e 2 m de largura (Figura 4, 5 e 6). Os coletores foram instalados em locais com declividades e posicionamentos semelhantes na paisagem para as duas culturas estudadas. A declividade de cada local foi medida com uso de clinômetro e trena para posterior cálculo da declividade em porcentagem. As declividades das áreas de cafezais, onde foram instalados os coletores, foram: SAF_CF = 27,7⁄ , SAF_CL = 25,8⁄ , PS_CC = 27,9⁄ e PS_CM = 26,1⁄ . Nas pastagens, as declividades de cada área com os coletores foram: SAF_PF = 33,4⁄ , SAF_PL = 29,8⁄ , PS_PC = 33,2⁄ e PS_PM = 35,7⁄ .

A uma distância de 3 m acima dos coletores foram colocadas placas metálicas para delimitação da área de contribuição (Figuras 4b e 6).

As coletas de água e solo nos coletores foram feitas ao final do mês de março de 2013. O volume de água e massa de solo seco foram quantificados. Os sacos plásticos acoplados aos coletores foram retirados para mensurar o volume de água e a massa de solo recolhida. O volume de água acumulado no saco foi determinado com uso de proveta graduada de 1L ou balde graduado dependendo da quantidade coletada. O solo foi separado da água após 24h de repouso para sedimentação seco em estufa a 60°C determinada sua massa em balança semi-analítica.

Figura 4 – Coletores de erosão instalados em área de café convencional (a) e placa metálica de isolamento da parcela com coletores (b)

Figura 5 – Coletores de erosão instalados em pastagem com proteção para evitar pisoteio dos animais.

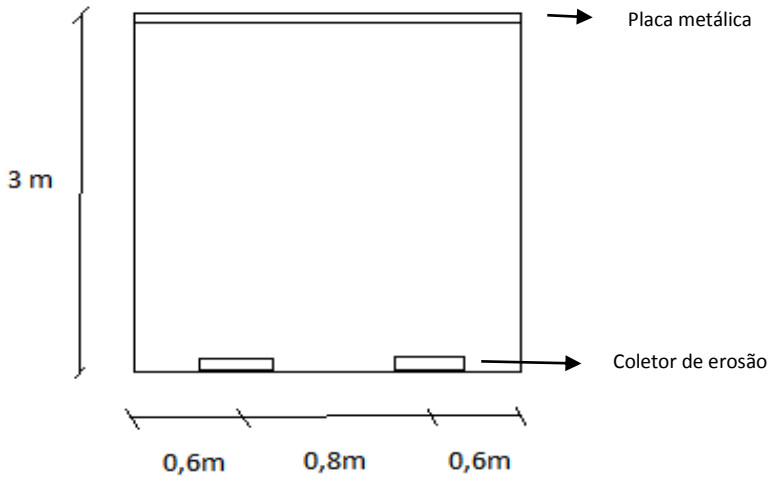

Figura 6 – Esquema da parcela com coletores de erosão.

O cálculo da quantidade de solo e água perdidos por hectare foi feito utilizando a equação proposta por Bertoni & Lombardi Neto (2012).

Perda de solo (kg/ha) ou água (L/ha)= (AxQ/P)xLS (Equação 1)

A: fator de coversão, obtido pela divisão da largura da parcela em metros pela largura do aparelho (0,2m).

Q: quantidade de solo em quilograma ou água em litro perdido para cada coletor.

P: área da parcela útil de cada coletor em hectare que é obtida pelo comprimento da parcela (m) x largura (m) / 10000 m^2.

LS: fator da Equação de previsão de perdas de solo para a combinação entre o grau de declividade e o comprimento de rampa, obtido através da seguinte equação (Bertoni e Lombardi Neto, 2012):

$$LS = 0{,}00984C^{0,63}D^{1,18} \qquad \text{(Equação 2)}$$

Em que:

C: comprimento de rampa em metros e

D: grau de declividade em porcentagem.

O percentual de água perdido dentro do total precipitado foi calculado a partir da estimativa da perda de água (L/ha) e da quantidade de precipitação determinada na estação meteorológica em mm (L/m^2).

Para a análise de nutrientes na água de enxurrada captada pelos coletores , foi retirada alíquota de uma amostra proveniente de cada uma das parcelas compostas por dois coletores quando disponível. As alíquotas foram mantidas sob refrigeração em temperatura próxima a 4^o C para maior conservação das suas características (Prado et al., 2004) e posteriormente encaminhadas ao laboratório. Foram quantificados: N, K, P, Ca, Mg, Zn, Cu (Tedesco et al., 1995) e carbono orgânico (Mendonça & Matos, 2005).

A partir da quantidade de água perdida por hectare, estimada pela Equação 1, estimou-se a perda de nutriente por hectare na água de escoamento superficial.

Verificadas as pressuposições para análise de variâncias os dados de massa de solo, volume de água e nutrientes perdidos por erosão hídrica foram transformados em logarítimo na base 2, submetidos à análise de variância e teste de Tukey para comparação das médias ao nível de 5／ de significância.

1.5. Vazão das microbacias

A vazão dos cursos d'água foi avaliada a partir do mês de agosto de 2011 a junho de 2013. As vazões foram determinadas pelo método direto utilizando cronômetro e balde graduado. Este registro da vazão, em litros por segundo, foi feito semanalmente constando de cinco repetições a cada medição para cálculo da vazão média. Em duas microbacias foi necessária a instalação de vertedor, para canalização da água facilitando a determinação da vazão.

A equação utilizada para cálculo da vazão média em cada mês foi:

$$Vm = (\sum Vs)/4 \qquad \text{(Equação 3)}$$

Em que :

V_m: Vazão média mensal em L/s

V_s: Vazão medida em cada semana do mês obtida pela média de cinco repetições.

Os dados de vazão foram analisados com a construção de fluviogramas verificando o comportamento ao longo do tempo e caracterizando a variação da vazão relacionada com a precipitação mensal acumulada em cada uma das microbacias. Para visualização da variação da vazão em cada microbacia, foi calculado um índice de amplitude de variação da vazão, sendo este a divisão entre a vazão média mensal máxima e a vazão média mensal mínima registrada em cada período: de agosto de 2011 a julho de 2012 e de agosto de 2012 a abril de 2013.

2. Resultados

2.1. Precipitação

Os dados da precipitação mensal acumulada de agosto de 2011 a junho de 2013 estão apresentados na Figura 7. O total acumulado de agosto de 2011 a agosto de 2012 foi de 1820,0 mm e de setembro de 2012 a junho de 2013 foi de 1349,3 mm, períodos em que foram coletados os dados de vazão nas microbacias.

Os índices mensais para ano de 2012/2013 não seguiram a distribuição recorrente para a região, sendo as chuvas nos meses de novembro e dezembro de 2012 mais escassas e nos meses de março e abril de 2013 mais abundantes. Normalmente o que se verifica na região é o inverso.

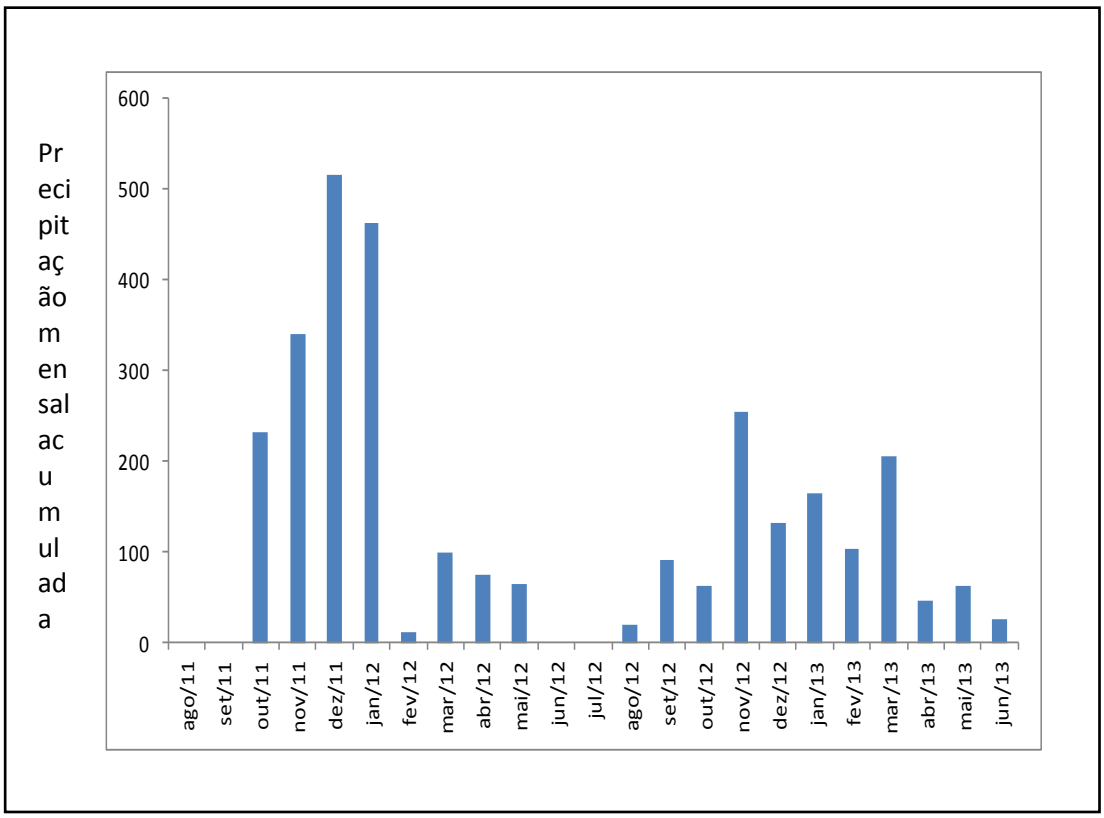

Figura 7 – Precipitação mensal acumulada de agosto de 2011 a junho de 2013 na Bacia do São Joaquim, Araponga-MG.

A precipitação acumulada em março de 2013 foi de 204,34 mm, quando foram coletados os dados de erosão, cujos dados serão apresentados e discutidos posteriormente.

2.2. Uso e Cobertura do solo

A Tabela 1 apresenta os diferentes usos do solo predominantes em cada uma das microbacias avaliadas. O uso do solo com pastagens predomina em duas unidades produtivas (SAFF e PSC). Na unidade SAFL as pastagens, café e mata ocupam áreas similares e, em PSM, a percentagem de uso do solo com café ou mata é similar. A cobertura com vegetação em regeneração natural é similar nas duas propriedades agroecológicas e superior (quando considerado mata e capoeira) em PSM e praticamente inexistente em PSC.

Tabela 1 – Distribuição do uso do solo em cada uma das unidades produtivas, suas respectivas áreas totais e áreas de contribuição para vazão medida.

	Unidades Produtivas			
Uso do Solo	SAF_F	SAF_L	PS_C	PS_M
Mata	24⁄	24⁄	1⁄	21⁄
Capoeira				10⁄
Pastagem agroecológica	65⁄	32⁄		
Pastagem convencional			73⁄	23⁄
Cafezal agroecológico	7⁄	31⁄		
Cafezal convencional			24⁄	16⁄
Lavoura anual				13⁄
Outros	4⁄	13⁄	2⁄	17⁄
Área total (ha)	10,03	6,73	40,86	80,08
Área de contribuição (ha)	5,90	6,03	15,34	65,00

As coberturas do solo em cada área no mês de fevereiro encontram-se na Tabela 2. Nas áreas de cafezal, as percentagens de cobertura vegetal não diferiram entre os sistemas de manejos adotados. O cafezal SAF_CL não diferiu de PS_CM, já SAF_CF e PS_CC não diferiram entre si (α=0,05).

Entre as pastagens em sistemas agroflorestais não houve diferença significativa da cobertura do solo ente SAF_PF e SAF_PL, tão pouco de SAF_PF em

relação a PS_PM. As pastagens a pleno sol (PS_PC e PS_PM) também não diferiram estatisticamente quanto à percentagem cobertura vegetal avaliada.

Tabela 2 – Média das coberturas do solo de cada uma dos sistemas estudados e desvio-padrão. As médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5⁄

	Sistemas	Média	Desvio padrão
Café	SAF_CF	82^b	2,65
	SAF_CL	96^a	3,61
	PS_CC	84^b	3,61
	PS_CM	94^a	3,61
Pasto	SAF_PF	88^{ab}	7,55
	SAF_PL	100^a	0,00
	PS_PC	57^c	2,65
	PS_PM	78^{bc}	6,08

2.3. Análises químicas e granulométricas

A caracterização química dos solos nas unidades produtivas (SAF_pF, SAF_pL, PS_pC, PS_pM, SAF_cF, SAF_cL, PS_cC e PS_cM) encontra-se na Tabela 3. As áreas manejadas com sistemas agroflorestais apresentam maiores níveis de carbono orgânico total (COT). O nível de fertilidade dos solos apresenta-se dentro dos padrões normais para Latossolos desta região mantendo valores dos nutrientes entre os níveis baixo e médio (Ker, 1997), conforme adubação. Pelo manejo comumente adotado nas pastagens da região, estas apresentam menores teores de nutrientes disponíveis em relação aos cafezais. Apenas o P (17,89 mg/dm^3) e K (122 mg/dm^3) da área PS_cM foram considerados elevados (Alvarez V. et al., 1999).

A distribuição granulométrica e a classificação textural dos solos das áreas das parcelas encontram-se na Tabela 4. Todas as áreas apresentaram teores de argila de 40 a 60⁄ , sendo estes solos, portanto, argilosos (Santos et al., 2013).

Tabela 3 – Caracterização química dos solos sob café (C) pastagens (P) em sistemas agroflorestais (SAF_p e SAF_C) e a pleno sol (PS_p e PS_C), em diferente unidades produtivas (F, L, C e M), Araponga, MG

	COT	pH	P	K	Ca	Mg	Al	SB	CTC_e
			---- mg/dm^3 ----		---------- $cmol_c/dm^3$ ----------				
	dag/kg	H_2O							
Cafezais									
SAF_cF	2,66	6,7	7,41	93	2,85	1,12	0	4,23	4,23
SAF_cL	2,58	5,7	3,3	54	1,52	0,57	0	2,25	2,25
PS_cC	2,13	4,9	1,61	32	0,44	0,25	0,7	0,8	1,5
PS_cM	1,98	6,1	17,89	122	2,38	1,02	0	3,74	3,74
Pastagens									
SAF_pF	1,86	4,9	2,33	30	0,41	0,25	0,8	0,75	1,55
SAF_pL	1,92	5,1	4,99	32	0,44	0,19	1	0,75	1,75
PS_pC	0,93	5,1	4,67	64	1,26	0,43	0,9	1,87	2,77
PS_pM	1,09	4,7	3,95	26	0,45	0,19	0,75	0,74	1,49

Tabela 4 – Granulometria e classificação textural dos solos das parcelas com coletores de erosão nas pastagens e cafezais em sistemas agroflorestais (SAF_p) e a pleno sol (PS_p)

Granulometria				
	Cafezais			Classificação
	Areia	Silte	Argila	Textural
SAF_CF	36,72	5,7	57,59	Argilosa
SAF_CL	40,79	12,02	47,2	Argilosa
PS_CC	48,49	5,89	45,63	Argilosa
PS_CM	59,74	2,79	41,47	Argilosa
Pastagens				
SAF_PF	37,82	2,89	59,29	Argilosa
SAF_PL	39,93	10,89	49,18	Argilosa
PS_PC	42,98	6,06	50,97	Argilosa
PS_PM	43,96	7,5	48,54	Argilosa

2.4. Perda de água e solo nos cafezais

A Figura 8 apresenta as médias de volume de água escoada para cada sistema. Houve diferença significativa (α=0,05) entre os volumes de água escoados apenas entre SAFCF e PSCM. O volume médio de água escoado no cafezal SAF_CF foi de 3466 L/ha, no SAF_CL de 5052 L/ha e nos sistemas a pleno sol

foram de 4706 L/ha em PS_CC e 8292 L/ha em PS_CM. Considerando a chuva acumulada para o mês de março (204,34 mm) as perdas por escoamento superficial nestes sistemas variaram de 0,17⁄ (SAF_CF) a 0,41⁄ (PS_CM).

As perdas médias da massa de solo perdidas os cafezais por erosão superficial estão apresentadas na Figura 9. Apesar de não terem tido volume escoado de água significativamente diferente, a massa (kg/ha) de sedimentos na enxurrada foi maior (α=0,05) nas áreas manejadas a pleno sol, sendo em média 688 kg/ha em SAF_CF; 201 kg/ha em SAF_CL; 3183 kg/ha em PS_CC e 5697 kg/ha no sistema PS_CM. O volume de solo perdido nos cafezais a pleno sol foram aproximadamente dez vezes maior que nas áreas sob sistema agroflorestal.

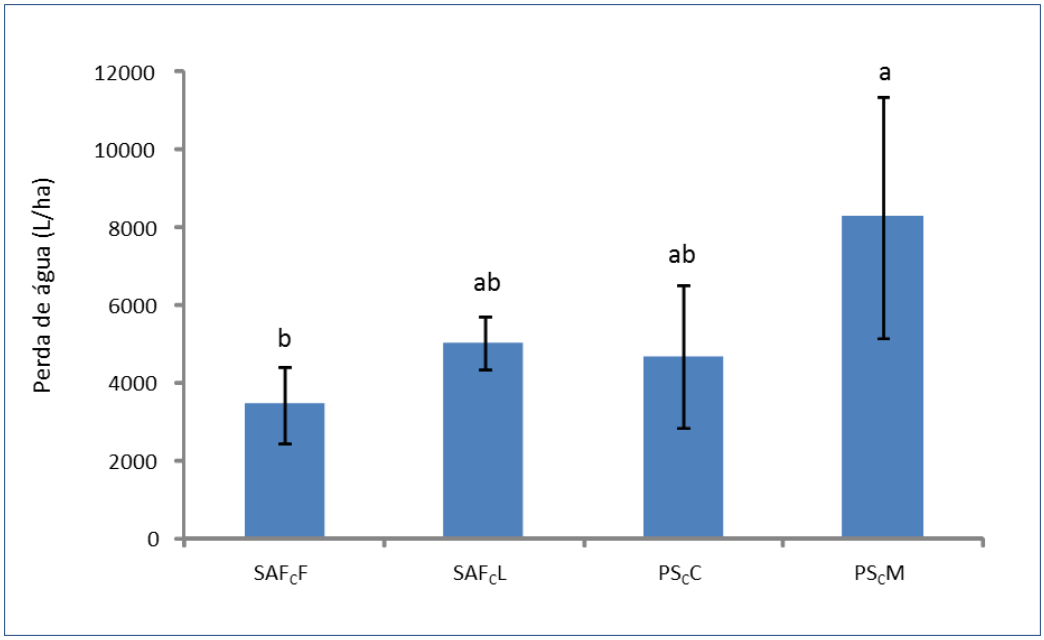

Figura 8 – Médias e erro padrão do volume de água escoado (L/ha) nos cafezais (PS_CC, PS_CM, SAF_CF, SAF_CL) no mês de março/2013. As médias com as mesmas letras na parte superior não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5⁄ de significância

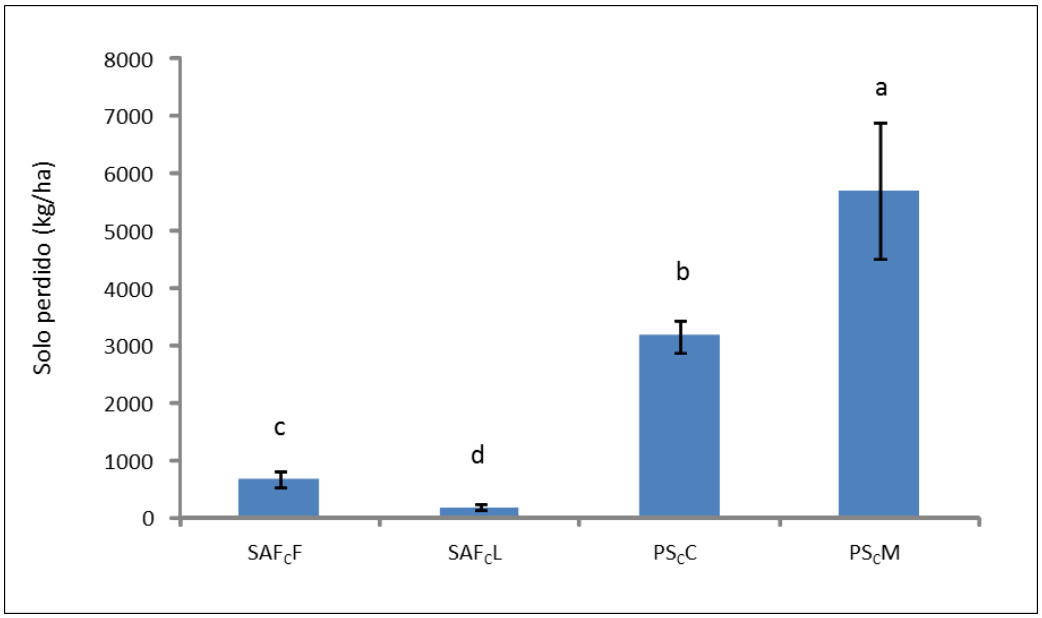

Figura 9 – Média e erro padrão (barras) das massas de solo perdido (kg/ha) nos cafezais (PS$_C$C, PS$_C$M, SAF$_C$F, SAF$_C$L) no mês de março/2013. As médias com as mesmas letras na parte superior não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5⁄ de significância

3.5. Perda de água e solo nas pastagens

O volume de água escoado nas áreas de pastagens avaliadas foi superior nas áreas PS$_P$C e PS$_P$M (α=0,05) em relação às áreas com SAFs (Figura 10). O sistema SAF$_P$F teve volume médio escoado de 2332 L/ha, semelhante (α=0,05) ao verificado em SAF$_P$L (média foi 2215 L/ha). Para as áreas a pleno sol as perdas médias foram de 19672 L/ha em PS$_P$C e 9335 L/ha em PS$_P$M. O volume de água escoado nas áreas de pastagem a pleno sol chegaram a ser mais de seis vezes maior que o volume escoado nas pastagens em sistema agroflorestal.

Nas pastagens, as perdas percentuais em relação à chuva variaram de 0,10⁄ em SAF$_P$L e 0,96⁄ em PS$_P$C.

A Figura 11 apresenta as médias de solo perdidos por erosão para cada uma das pastagens. As áreas SAF$_P$F (média de 50,06 kg/ha) e SAF$_P$L (média de 28,14 kg/ha) não diferiram entre si (α=0,05), porém foram estatisticamente menores que as perdas de solo em PS$_P$C (média de 1191 kg/ha) e PS$_P$M (média de

1237 kg/ha). As pastagens a pleno sol perderam em média uma quantidade de solo 30 vezes superior às pastagens em sistemas agroflorestais.

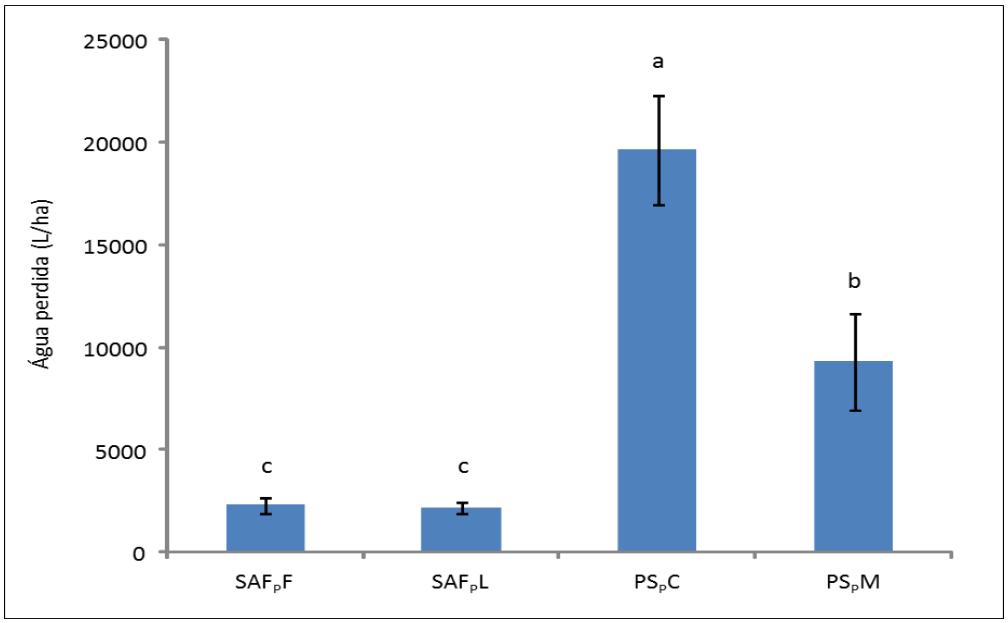

Figura 10 – Média e erro padrão (barras) dos volumes de água (L/ha) escoada nas pastagens (PS$_P$C, PS$_P$M, SAF$_P$F, SAF$_P$L) no mês de março/2013. As médias com as mesmas letras na parte superior não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5⁄ de significância.

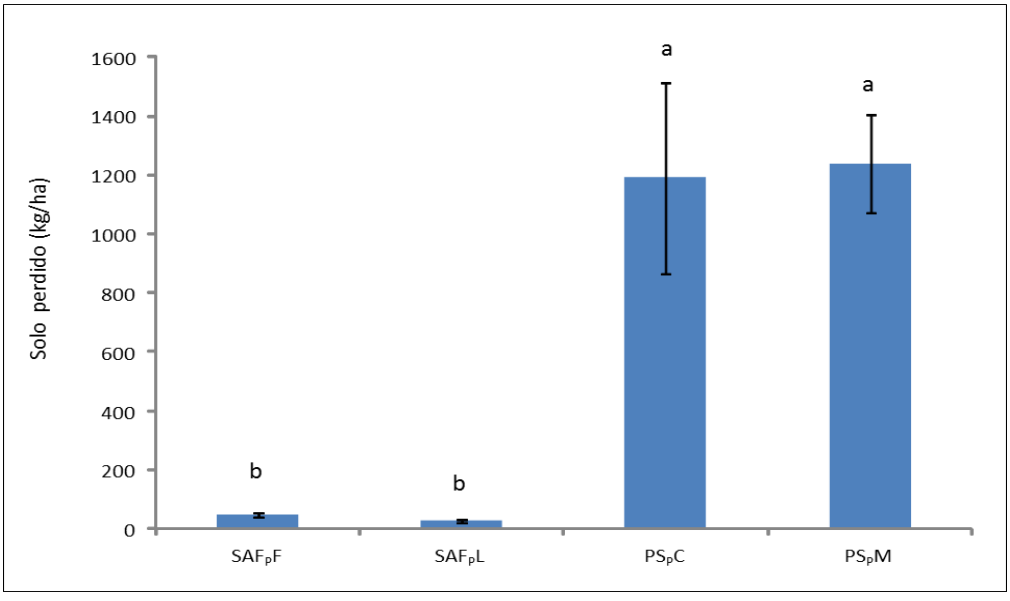

Figura 11 – Média e erro padrão (barras) das massas de solo (kg/ha) escoado nas pastagens (PS$_P$C, PS$_P$M, SAF$_P$F, SAF$_P$L). As barras comas mesmas letras na parte superior não diferiram entre si pelo teste de Tukey a 5⁄ de significância.

3.6. Perda de nutrientes e carbono na água de escoamento superficial nos cafezais

Na Tabela 4 estão apresentadas as quantidades (g/ha) de nutrientes perdidos nos cafezais em sistemas agroflorestais e a pleno sol no mês de março de 2013.

As perdas de carbono orgânico, Mg, N, P, K, Mn tiveram médias diferentes (α=0,05) entre todos os sistemas avaliados, no entanto foram os valores foram superiores nas áreas a pleno sol em relação aos SAFs.

As maiores perdas em todos os sistemas foram de carbono orgânico, N e K.

Tabela 4 – Quantidade de nutrientes perdidos na água de escoamento superficial nos cafezais (SAF_CF, SAF_CL , PS_CC) durante o mês de março/2013

	CO	Ca	Mg	N	P	K	Cu	Mn	Zn
Sistema	(kg/ha)	.....(g/ha).....					.....(mg/ha).....		
SAF_CF	17,36^{d}	103,81^{b}	6,56^{d}	184,83^{d}	1,06^{c}	111,34^{c}	151,83^{b}	88,01^{d}	5863,98^{c}
SAF_CL	29,10^{c}	68,44^{c}	188,95^{a}	518,85^{c}	10,77^{b}	279,89^{a}	200,98^{b}	6960,39^{a}	5785,86^{c}
PS_CC	37,13^{b}	111,81^{b}	30,54^{b}	735,59^{b}	2,78^{c}	87,34^{d}	94,11^{c}	296,46^{c}	9912,49^{b}
PS_CM	65,43^{a}	712,56^{a}	19,49^{c}	992,59^{a}	32,51^{a}	182,43^{b}	414,61^{a}	796,06^{b}	14760,25^{a}

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5⁄ de significância.

3.7. Perda de nutrientes e carbono por erosão nas pastagens

Na tabela 5 são apresentadas as perdas de nutrientes e carbono na água da erosão nas pastagens avaliadas. Nas áreas a pleno sol as perdas de Mg, N, P, K, Zn e carbono orgânico foram significativamente maiores (α=0,05) em relação às perdas nos sistemas agroflorestais. Para todos os nutrientes e para o carbono orgânico a área PS_PC apresentou as maiores perdas.

Tabela 5 – Quantidade (g/ha) de nutrientes perdidos na água de escoamento superficial nas pastagens (SAF_PF, SAF_PL , PS_PC) durante o mês de março/2013.

	CO	Ca	Mg	N	P	K	Cu	Mn	Zn
Sistema	(kg/ha)	.....(g/ha).....					.....(mg/ha).....		
SAF_PF	90,37^{c}	10,49^{b}	3,35^{c}	93,64^{c}	0,51^{c}	4,31^{d}	29,14^{c}	69,95^{b}	1623,96^{c}
SAF_PL	85,85^{d}	11,50^{b}	2,84^{c}	80,85^{d}	1,44^{b}	5,96^{c}	59,80^{b}	181,64^{ab}	4150,03^{b}
PS_PC	419,47^{a}	60,53^{a}	19,09^{a}	630,54^{a}	2,81^{a}	35,17^{a}	81,17^{ab}	243,51^{a}	17419,32^{a}
PS_PM	202,44^{b}	12,27^{b}	5,36^{b}	240,21^{b}	2,30^{a}	8,83^{b}	146,25^{a}	52,23^{c}	8142,81^{d}

Valores seguidos pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5⁄ de significância.

3.8. Vazão nas microbacias

A Figura 12 apresenta as médias mensais de vazão (L/s) para as microbacias SAF_F, SAF_L, e PS_M no período de agosto de 2011 a agosto de 2012, para as quatro microbacias (SAF_F, SAF_L, PS_C e PS_M) de agosto de 2012 a abril de 2013 acompanhados da precipitação acumulada em cada mês.

Os picos de vazão em cada área acontecem em tempos diferentes (Figura 12). Para o primeiro período considerado de agosto de 2011 a julho de 2012, SAF_L e PS_M tiveram as maiores vazões médias registradas em janeiro/2012, coincidindo com o mês de maior precipitação. Já SAF_F teve a maior vazão registrada em março de 2012.

Neste período inicial não foram feitos registro das vazões na área PS_C. O vertedor desta microbacia rompeu-se duas vezes devido às fortes enxurradas (Figura 13) e, por este motivo, os dados da área PS_C começaram ser coletados somente após a segunda reconstrução do vertedor em agosto de 2012.

No segundo período de avaliação, de agosto de 2012 a abril de 2013, as maiores vazões registradas em cada área foram em meses diferentes. A unidade PS_C teve a maior vazão registrada em janeiro/2013, PS_M em fevereiro/2013, SAF_L e SAF_F em agosto de 2012.

A Tabela 6 apresenta os índices de amplitude da variação da vazão média mensal obtida por período em cada uma das áreas. No primeiro período, a maior

variação de vazão foi observada na microbacia SAF_L, com índice de amplitude de vazão de 12,45, o que indica que a maior vazão média registrada foi pouco mais de 12 vezes maior que a vazão média mínima. A menor amplitude foi registrada na área SAF_F, cujo índice foi 3,06 indicando que a maior vazão foi aproximadamente três vezes maior que a vazão mínima registrada.

De agosto de 2012 a abril de 2013, houve menor variação da precipitação e isto contribuiu para menor variação de vazão para todas as áreas. A maior amplitude de variação na vazão foi na microbacia PS_M, seguida por SAF_L, SAF_F e PS_C (Tabela 6).

Tabela 6 – Índice de amplitude da vazão calculada para cada período do registro de vazão as quatro microbacias avaliadas

	Índice de amplitude da vazão média mensal			
Período	SAF_F	SAF_L	PS_C	PS_M
Agosto/2011 a julho/2012	3,06	12,45	-	7,63
Agosto/2012 a abril/2013	2,23	2,06	1,52	3,44

Diferentemente do ocorrido no primeiro ano de medições, SAF_L apresentou no último período avaliado maior estabilidade caindo a variação entre a maior e a menor média de 12,45 vezes para próximo a duas vezes.

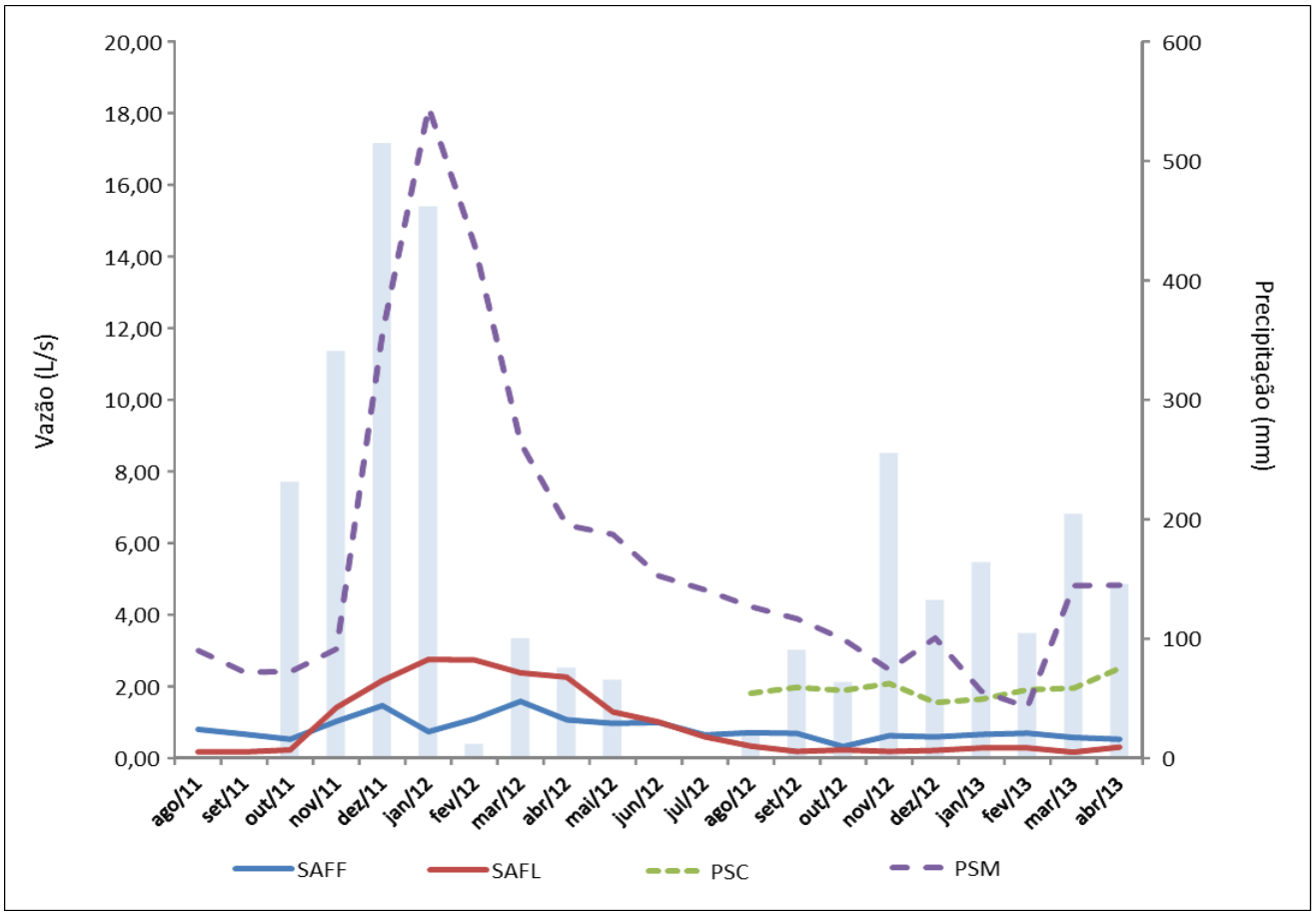

Figura 12 – Médias mensais das vazões (L/s) nas microbacias SAF_F, SAF_L, PS_C e PS_M (linhas) e precipitação mensal acumulada (mm) de agosto de 2011 a junho de 2013, Bacia do São Joaquim, Araponga-MG

Figura 13 – Fotos tiradas após os rompimentos do vertedores instalados na área PSC

4. Discussão

4.1. Uso e Cobertura do solo

A pastagem e o café são os usos econômicos predominantes em todas as unidades produtivas (SAF_F, SAF_L, PS_C e PS_M), um cenário comum na região da Zona da Mata de Minas Gerais (Cardoso et al., 2001), motivo que justificou inclusive a escolha das áreas.

O uso e manejo dos solos é um dos fatores que pode interferir na quantidade e na qualidade da água, pois pode favorecer ou não a cobertura do solo e com isto a infiltração, a redução da velocidade do impacto da gota de chuva e o escoamento superficial conforme o manejo adotado e a cobertura vegetal proporcionada (Pinto et al., 2004). O café, por ser uma planta arbustiva e de folhagem densa, naturalmente já proporciona mais cobertura e proteção para o solo, principalmente em espaçamentos mais adensados (Carvalho et al., 2007). Nas pastagens, as espécies forrageiras promovem boa cobertura do solo quando não há sobrepastejo, no entanto tende a haver maior degradação quando a pastagem não é manejada de modo a favorecer boa cobertura e proteção do solo (Macedo et al., 2000).

No caso das duas propriedades agroecológicas, a escolha do manejo adotado nas unidades de produção agroecológica favoreceu a presença de áreas florestadas nas duas propriedades, além da presença dos sistemas agroflorestais com suas espécies arbóreas, que contribuem para conservação dos serviços ecossistêmicos nestas áreas (Duarte et al., 2013), como a conservação da biodiversidade, a ciclagem de nutrientes, fixação de carbono e outros. A unidade PS_M (a maior de todas as propriedades estudadas) também apresentou percentagem significativa de mata e capoeira, estando este fato relacionado à deficiência de mão de obra, como apontado pela proprietária viúva, que acabou obrigando-a a reduzir a quantidade de animais e os cuidados com a manutenção

de pastagem. Disto resultou a regeneração natural de algumas áreas, que passaram a ser computadas no uso “capoeira”.

A similaridade entre a cobertura do solo em todos os cafezais avaliados pode ser explicada pela prática da roçada mecânica, que vem sendo ampliada nos cafezais da Bacia do São Joaquim pela sua facilidade, pouca exigência de mão de obra e contribuição na conservação do solo. Mesmo nos cafezais em monocultura, PS_CC e PS_CM, com a busca por contenção dos gastos nos últimos anos, houve redução na aplicação de herbicidas e a capina na lavoura não é mais realizada. A metodologia utilizada avaliou apenas a vegetação rasteira, no entanto a cobertura promovida pela copa das árvores nos sistemas agroflorestais contribuem para proteção do solo ao impacto de gotas de chuva e da radiação solar (Carvalho, 2011) dentre outros benefícios.

As maiores coberturas do solo pela vegetação rasteira nas pastagens SAF_PF e SAF_PL estão relacionadas ao manejo que evita o sobre pastejo e a exposição do solo por meio da rotação do gado entre as diferentes áreas existentes. A compactação gerada pelo pisoteio dos animais e a cobertura vegetal mais escassa nas áreas a pleno sol levaram a maior exposição do solo à ação das gotas de chuva e do sol diretamente. O manejo adotado nas pastagens interfere diretamente nas condições de cobertura promovida pela espécie forrageira e na capacidade da vegetação se recuperar após o pastejo, sendo que o excesso de animais prejudica o desenvolvimento da forrageira, aumenta exposição do solo, altera as propriedades físicas da superfície do solo prejudicando a infiltração da água e aumentando a suscetibilidade à erosão gerando um conjunto de consequências que convergem para a degradação (Bertol et al., 1998).

4.2. Análise química e granulométrica

Os teores de carbono orgânico total maiores para café e pastagens sob sistemas agroflorestais (Tabela 2) corroboram com resultados encontrados em

diversos estudos que apontam o potencial do sistema agroflorestal para recuperação de áreas degradadas, aumento na ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica do solo (Arato et al., 2003; Fávero et al., 2008; Menezes et al., 2008, Duarte et al., 2013). A matéria orgânica contribui para características físicas do solo favoráveis à infiltração como a agregação e porosidade (Campos et al., 1995; Silva & Resck, 1997), além de ser a principal fonte de nutrientes naturalmente presentes em solos distróficos (Franchini et al., 1999).

Os altos níveis de P e K encontrados na amostra PS_CM podem ser explicados pela coleta equivocada da amostra feita próxima à linha de plantio, onde foi feita adubação previamente. Todas as áreas de cafezal recebem adubação química e calagem, o que provavelmente explica os níveis equivalentes para a maioria dos atributos químicos analisados, independente do manejo adotado, SAF ou PS.

Nas pastagens não é feita adubação e tão pouco correção da acidez do solo, o que contribuí para os menores teores de nutrientes e a inferior qualidade química destes em relação aos solos em áreas de cafezais. A pastagem muitas vezes não é considerada pelos agricultores como uma cultura perene de valor econômico e que necessita de investimentos para manutenção da sua qualidade, o que contribui para sua degradação (Boddey et al., 2004).

As pastagens sob sistemas agroflorestais apresentaram também maiores níveis de carbono orgânico total. Os sistemas agroflorestais adotados nestas áreas favorecem a recuperação destes solos por contribuírem com a ciclagem de nutrientes, manutenção e incremento da matéria orgânica e a qualidade física do solo (Andrade et al., 2008).

Todos os solos onde foram instalados os coletores de erosão foram classificados como argilosos. Esta classe textural é comum nos solos da Zona da Mata e, embora o alto teor de argila, em uma primeira análise, pudesse favorecer a desagregação de partículas por ação da chuva e o consequente selamento superficial, com presença dos óxidos, a estrutura granular predomina nestes solos,

o que favorece a infiltração da água (Corrêa, 1984). Outros fatores não avaliados nesta pesquisa como a estabilidade e distribuição relativa dos tamanhos dos agregados do solo, a rugosidade superficial e a declividade interferem diretamente na velocidade de escoamento superficial, na infiltração e consequentemente na susceptibilidade à erosão hídrica de um solo (Volk et al., 2004).

4.3. Perda de água e solo nos cafezais

A similaridade da quantidade de água (L/ha) perdida entre os cafezais avaliados (SAF_CF, SAF_CL, PS_CC, PS_CM), se deve à semelhança entre o manejo adotado no referente à cobertura do solo, levando a apresentarem percentuais de cobertura vegetal similares (item 3.2) e ao plantio em curvas de nível, característica comum a todas as áreas estudadas. O percentual de cobertura, em especial em locais de alta declividade, irá afetar a diretamente o comportamento da infiltração e do escoamento superficial impondo barreiras para este fenômeno de superfície (Demétrius et al., 2005).

No entanto, nas áreas em monocultura (PS_CC e PS_CM) a perda de solo foi significativamente maior revelando a fragilidade deste sistema, que apesar de ter mesma quantidade de água escoada, esta água carrega mais sedimentos. Este resultado corrobora com o verificado por Carvalho et al. (2009) para diferentes formas de preparo do solo para o cultivo de milho, pois foi verificado que as perdas de água são menos influenciadas por diferentes sistemas de manejo que a perda de solo por erosão. As perdas de solo nas áreas a pleno sol (PS_CC e PS_CM) foram no mínimo duas vezes maior que as perdas encontradas para os sistemas agroflorestais (SAF_CF e SAF_CL). O teor de carbono orgânico nos sistemas agroflorestais com café é superior (Tabela 2) e a matéria orgânica do solo contribui para estabilidade de agregados, para porosidade do solo, características físicas que favorecem a infiltração da água no solo (Campos et al., 1995).

A perda de água é influenciada pela intensidade e duração da chuva. A água precisa de tempo para infiltrar e, em terrenos inclinados, esse tempo necessário não é atingido, tendo a água maior tendência a escoar independente do manejo adotado. No entanto, mesmo perdendo água, os sistemas agroflorestais foram capazes de evitar a perda de sedimentos provavelmente pela cobertura do solo, que representa uma barreira ao escoamento e pela melhor estrutura do solo proporcionada pela matéria orgânica e pela proteção proporcionada pelas espécies arbóreas.

Resultados similares foram obtidos por Franco et al. (2002) em estudo realizado na Zona da Mata mineira. Os autores compararam a perda de solo entre cafezais em sistemas agroflorestais (SAFs) e em café a pleno sol, na estação chuvosa do período de 1998-1999, e verificaram perdas (em kg/ha/ano) dez vezes maior em cafezais a pleno sol. Neste estudo também foram verificadas menores perdas de nutrientes e carbono orgânico nos SAFs.

Assim como os resultados apontados por Franco et al. (2002), os dados gerados por esta pesquisa apontam que o manejo agroecológico em sistemas agroflorestais contribuiu, para o aumento da matéria orgânica do solo e auxiliou na recuperação destas áreas anteriormente degradadas. Estudo realizado no sul do estado do Espírito Santo por Thomazini et al. (2012) também reconheceu o potencial do manejo conservacionista, que contribui para o aumento da matéria orgânica do solo. Estes autores apontaram os sistemas agroflorestais nos cafezais como opção para redução da erosão e para diversificação produtiva, aspectos importantes para a sustentabilidade da agricultura familiar.

4.4. Perda de água e solo nas pastagens

As maiores perdas de água (L/ha) nas pastagens a pleno sol em relação aos sistemas agroflorestais provavelmente são consequência do manejo adotado. As pastagens a pleno sol possuem menor cobertura vegetal (item 3.2). Esta menor

cobertura provavelmente é consequência do excesso de pastejo e da ausência de árvores. A menor cobertura facilita o escoamento superficial da água incrementando as perdas.

Bertol et al. (2011) estudando a erosão em campos nativos sob chuva simulada encontraram valores elevados de perda de solo e água para todos os tratamentos avaliados, concluindo que seria necessária a adoção de práticas de conservação do solo em todos os sistemas de campo nativo estudados. A perda de água, no referido estudo, variou de 13 a 30 mil L/ha, tendo sido aplicada lâmina de 225 mm com duração de três horas. Apesar da lâmina aplicada superior à chuva do mês de março de 2013 (204,34 mm), percebe-se que a perda de água neste mês nas pastagens a pleno sol aproximou-se do valor encontrado no estudo anteriormente mencionado (19672 L/ha em PS_PC e 9335 L/ha em PS_PM) e são, portanto, perdas elevadas; sendo fato agravante a chuva natural acumulada ser de bem menor intensidade àquela simulada.

As perdas de água (máximo de 2.500 L/ha) nas pastagens arborizadas (SAF_PF e SAF_PL) foram menores do que as perdas (mínima de 9335 L/ha) em pastagens a pleno sol (PS_PC e PS_PM) mostrando a melhor conservação dos solos sob pastagens agroecológicas, certamente como consequência da presença das árvores e do número adequado de animais no pasto. Mesmo um sistema agrosilvipastoril simplificado com sucessão de culturas culminando com implantação de eucalipto com braquiária apresenta características favoráveis à redução da erosão em relação à pastagem em monocultivo (Ribeiro et al. 2007).

As pastagens em sistemas agroflorestais, SAF_PF e SAF_PL apresentaram também uma perda menor de sedimentos por erosão (30 vezes menor que as pastagens cultivadas a pleno sol, PS_PC e PS_PM). Isto se deve, pois além da barreira ao escoamento superficial e proteção ao impacto das gotas de chuva promovido pelas árvores, a cobertura do solo foi superior nas pastagens SAF_PF e SAF_PL. Esta cobertura é um dos fatores que interferem diretamente na erosão do solo pela proteção promovida pela vegetação, que reduz a desagregação de partículas do solo (início do processo erosivo), provavelmente por diminuir a área exposta ao

impacto direto das gotas de chuva (Inácio et al., 2007). Quando há o impacto direto das gotas de chuva no solo, pode ocorrer o selamento da superfície, sendo reduzida a taxa de infiltração de água e, consequentemente, inicia-se o escoamento superficial (Bertol et al., 1997).

Em experimento conduzido em período de 16 meses, Santos et al. (1998) verificaram perdas de solo em diferentes tratamentos em pastagens que variaram de 3,4 a 151,2 $t.ha^{-1}.ano^{-1}$, conforme as técnicas adotadas na implantação do pasto.

Considerando a média de precipitação anual (1800 mm) para a região e a perda de solo (1,24 ton/ha com 204,34 mm de chuva) a perda total de solos nas pastagens pode a ultrapassar 8 t/ha/ano dependendo do potencial erosivo das chuvas. Uma perda grande quando considerada a variação de 1.880 a 14.500 ton/ha/ano (Bertol & Almeida, 2000), em Santa Catarina. Há de se considerar que os valores de perdas de solo toleráveis apontadas pelas pesquisa em diversas regiões no Brasil variam muito, pois estas dependem do método utilizado em cada pesquisa, da classe de solo e de outros atributos do solo.

O manejo inadequado do solo com consequente aumento da erosão hídrica é apontado como um dos principais causadores da constante redução da produtividade dos solos. A perda de partículas de solo, além do empobrecimento resultante, promove o assoreamento de rios e lagos, comprometendo a qualidade da água e alterando a vida aquática, principalmente pela eutrofização das águas (Martins et al. 2003). As pastagens normalmente ocupam com baixa fertilidade natural. Com o manejo incorreto dos animais, os problemas relacionados a fertilidade são agravados e ocorre também perdas das boas condições físicas do solo, devido à compactação, à redução na cobertura vegetal e à erosão. Alimentando, assim, o ciclo de degradação destes solos (Peron & Evangelista, 2004).

4.5. Perda de nutrientes e carbono na água de escoamento superficial nos cafezais

As concentrações de nutrientes e carbono orgânico (CO) perdidos na água do escoamento superficial apontaram para maiores perdas nas áreas de cafezais a pleno sol em comparação aos cafés conduzidos em sistemas agroflorestais, sendo o Ca, N, P, Zn, os nutrientes que apresentaram as maiores perdas, o que contribui para agravar os baixos teores dos mesmos encontrados nos solos amostrados (Tabela 2).

No geral, a sequência de perdas de nutriente nas áreas de produção de café foi em ordem decrescente N > Ca > K > Mg > P. Esta é ordem é similar a encontrada em outros estudos, que quantificaram as perdas totais (nutrientes no solo e na água) por erosão laminar (Hernani et al., 1999; Schaeffer et al. 2002). O K aparece também entre os nutrientes mais perdidos conforme foi também observado por Bertol et al. (2007) e Thomazini et al. (2012). Os teores de nutrientes presentes na composição da matéria orgânica e as técnicas de fertilização química e calagem interferem na ordem de perda dos nutrientes erodidos pelo escoamento superficial. Nutrientes como o N, que são predominantes na forma orgânica, o Ca e o Mg, que são comumente aplicados via calagem sem incorporação nas culturas perenes tiveram maiores níveis de concentração na água de escoamento superficial. Schaeffer et al. (2002) verificaram correlação positiva e significativa entre perda de matéria orgânica e perda de nutrientes por erosão, enquanto não houve correlação com o conteúdo da fração argila no sedimento, indicando que as maiores perdas de nutrientes no solo e na água de escoamento superficial ocorrem pela remoção da fração orgânica do solo.

A remoção da fração orgânica do solo é uma das principais causadoras da perda da capacidade produtiva dos solos prejudicando a qualidade química, física e biológica do solo (Gregorich et al., 1998). Para agricultura familiar a remoção de nutrientes do solo por erosão significa perdas de investimentos e recursos que já

são escassos. A redução dos gastos com a adubação química é um dos objetivos da implantação de SAFs, que contribuem para o aproveitamento dos nutrientes naturalmente presentes no solo através da ciclagem de nutrientes. Os nutrientes removidos, além de prejudicarem a lavoura, podem ser causadores de eutrofização de mananciais prejudicando o ecossistema aquático e a qualidade da água (Hernani et al., 1999).

4.6. Perda de nutrientes e carbono na água de escoamento superficial nas pastagens

As perdas de macronutrientes e carbono orgânico foram superiores nas duas pastagens conduzidas a pleno sol, em especial em PS_PC. Esta situação se agrava pelo baixo nível de nutrientes observados (Tabela 2), o que dificulta a cobertura destas áreas pela vegetação e acelera a degradação das mesmas. As pastagens a pleno sol apresentaram também maior exposição do solo, o que ajuda a explicar e maior perda de solo, o maior escoamento superficial de água e a maior quantidade de nutrientes erodidos conforme observado também em outras pesquisas (Tucci & Clarke, 1997; Cogo & Streck, 2003; Santos et al, 2008; Menezes et al., 2009).

A pastagem PS_PC apresentou as maiores perdas para todos os nutrientes e a menor cobertura do solo indicando maior potencial de degradação, que pode ser observado em campo pela presença de sapé e pelo histórico da queima, utilizada mais constantemente no passado, mas que ainda é utilizada na área, conforme levantado com os proprietários. Bertol et al. (2011) avaliaram campos nativos manejados com e sem uso do fogo e concluíram que há maiores perdas de solo, água e nutrientes em áreas onde esta prática é adotada. No entanto, os valores de perda de água foram elevados para todos os tratamentos mostrando que práticas de conservação do solo devem ser adotadas além de abolir o uso do fogo.

A remoção de nutrientes e matéria orgânica leva a um empobrecimento do solo. Esta situação se agrava nas pastagens em pleno sol na região estudada, pois são áreas que comumente não recebem adubação química. A erosão tende a se agravar ao passo que o solo vai ficando mais exposto e a vegetação com menos condições favoráveis ao seu desenvolvimento.

4.7. Vazão nas microbacias

Os dados de vazão monitorados sugerem maior estabilidade da vazão nas microbacias manejadas com sistemas agroecológicos (SAF_F e SAF_L) em relação àquelas manejadas em sistema convencional (PS_C e PS_M) ao longo das épocas do ano.

Para o primeiro período de avaliação verificou-se maior estabilidade em SAFF, seguido por PSM e SAFL. A variação de PSM no gráfico aparece com mais nitidez devido à vazão ser maior. A manutenção da estabilidade da vazão em períodos secos e chuvosos pressupõe maior infiltração e recarga de lençóis freáticos que abastecem as nascentes. Na microbacia SAF_L, pelo predomínio de Cambissolos, é esperada maior variação da vazão pela menor capacidade de infiltração e armazenamento nestes solos em relação aos Latossolos predominantes nas demais áreas (Carvalho, 2011). Estas características explicam ao menos em parte a maior variação da vazão nesta área, mesmo sendo ela manejada em sistemas agroecológicos, que mostraram menor perda de água e solo neste estudo.

O uso do solo é um dos fatores que influenciam o escoamento superficial, a infiltração e consequentemente a dinâmica hídrica em uma bacia hidrográfica. No entanto, outros fatores apresentam também importância fundamental no comportamento hidrológico de uma área como a profundidade e as classes dos solos, forma da microbacia, declividade do terreno, rede de drenagem, evapotranspiração (Pinto et al., 2004; Cardoso et al., 2006; Vilar, 2009). A vazão é

uma variável resultado da interelação entre estes e outros fatores tornando-se demasiadamente complexa a comparação de vazão entre diferentes microbacias.

No caso da interferência do uso e manejo do solo, a maior cobertura vegetal influencia a interceptação da chuva, a infiltração, o escoamento superficial a evapotranspiração e, consequentemente, a recarga do lençol freático (Menezes et al., 2009).

No segundo período (de agosto/2012 a abril/2013) os índices de amplitude de vazão (Tabela 6) seguiram a seguinte ordem crescente $PS_C < SAF_F < SAF_L < PS_M$, no entanto no início da instalação dos vertedouros, houve dois rompimentos dos barramentos construídos no córrego da microbacia PS_C (Figura 11), pois, no planejamento não considerou a ocorrência de enxurradas tão fortes na área. Os rompimentos impossibilitaram o registro fiel de dados da vazão para todas as áreas durante os dois períodos não sendo possível, portanto, a caraterização do comportamento das vazões no primeiro período para PSC.

As vazões devam ser registradas em períodos regulares com menor intervalo de tempo possível para que se construa um fluviograma mais representativo de uma microbacia, pois as vazões que levaram aos dois rompimentos ocorridos não foram medidas e devem ter sido bastante superiores àquelas registradas.

As vazões máximas não foram medidas, pois ocorrem provavelmente em momento mais próximo aos picos de chuva e a medição da vazão não era feita necessariamente nos momentos de picos. Nas unidades produtivas em que foram registradas as menores perdas de solo e água (SAFF e SAFL), os picos de vazão tendem a ser mais distantes do momento do pico de chuva em cada área, pois com a maior infiltração, o excesso de água leva um tempo maior para alcançar o curso d'água. Este fato pode ter contribuído para as maiores variações, no segundo período, observadas nas áreas SAF_F e SAF_L em relação à PS_C, onde a vazão máxima provavelmente foi em momento mais próximo à chuva ocorrida e

não registrada na medição semanal da vazão, assim como ocorreu quando houve os rompimentos dos vertedores nesta área.

Nas áreas PS_C e PS_M, o máximo de vazão registrado acontece sempre mais próximo às maiores precipitações (Figura 12). Este resultado indica comportamento diferente do tempo de permanência da água no solo em cada microbacia. Quando há maiores índices de precipitação, de modo geral a vazão se alterou mais rapidamente nas microbacias sob manejo convencional. Da mesma forma, quando se iniciou o período de estiagem a queda da vazão demorou mais para ocorrer em SAF_F e SAF_L, que tiveram, por exemplo, no segundo período a maior vazão registrada em agosto de 2012 (Figura 12), o que indica que ainda resquício água das chuvas anteriores. Este comportamento foi também observado por Gomes et al. (2012) em microbacia no município de Viçosa-MG, onde houve redução da variação da vazão ao longo do ano e em momentos seguintes às chuvas, após a aplicação de técnicas de conservação do solo.

As áreas sob manejo convencional PSC e PSM apresentam maior vazão ao longo do ano em relação às microbacias em sistema agroecológicos. Este fato deve-se à maior área daquelas microbacias, que as leva a receber maior quantidade de água das chuvas, ao predomínio de Latossolos nessas áreas e à menor demanda evapotranspiratória de sistemas simplificados de cultivo, menor manutenção da umidade do solo ao longo do tempo em detrimento dos sistemas agroflorestais (Carvalho, 2011).

As microbacias SAF_F e SAF_L apresentam histórico documentado com as famílias proprietárias de aumento da vazão ao longo dos últimos 20 anos. Em SAFF, a nascente abastecia com restrição a duas famílias, que viviam em conflito pelo uso da água. Atualmente a mesma nascente, que foi aparecendo ao logo dos anos em lugar cada vez mais alto no terreno, abastece sete famílias e ainda sobre água (Ferrari et al, 2010).

A propriedade da microbacia SAFL foi adquirida a custo reduzido, pois as nascentes haviam secado. Hoje existem duas nascentes perenes na área (Ferrari

et al., 2010). Considerando a menor vazão mensal no período avaliado, o deflúvio médio diário destas nascentes foi de 13.824 L/dia, o que seria suficiente para abastecer aproximadamente 10 famílias, considerando uma média de cinco membros, com consumo per capita de 140 L/dia, como estimado para povoados rurais (IGAM, 2010), mantendo ainda 50⁄ da vazão total desta microbacia, considerando este percentual para manutenção ecológica do corpo hídrico (Longhi & Formiga, 2011).

Caso a vazão fosse ponderada pela área, obtendo-se um valor em $L.s^{-1}.ha^{-1}$ ao longo do de todo período de medição de vazão, de 2011 a 2013, as microbacias sob manejo agroecológico apresentariam maiores vazões médias por área (em relação à área PSM), o que pode indicar maior potencial de produção de água com este tipo de manejo do solo.

5. Conclusões

O manejo agroecológico do solo contribuiu para conservação do solo e da água, pois reduziu a erosão e levou a maior estabilidade da vazão ao longo das épocas do ano. Mesmo em área com predomínio de Cambissolos, que tende a sofrer mais com o processo erosivo, pela pouca profundidade do solo e estrutura fraca, os sistemas agroflorestais contribuíram para menor perda de solo, água e nutrientes por erosão e na recuperação de nascentes que haviam secado. A situação de degradação dos solos por erosão, relatada anteriormente em diagnóstico feito com agricultores(as), está sendo revertida pelo uso de sistemas agroflorestais e outras práticas agroecológicas.

As perdas de água, solo, nutrientes e carbono foram reduzidas em sistemas agroecológicos de produção levando à maior conservação do solo e da água, redução nos gastos com fertilização do solo pelo maior aproveitamento dos recursos da propriedade e dos processos naturais que contribuem na manutenção da qualidade do solo. O manejo com sistemas agroflorestais nos cafezais e pastos, o número correto de animais e a rotação dos animais nas pastagens contribuíram para conservação e recuperação de córregos e nascentes, na redução da perda de solo, água e nutrientes.

O manejo agroecológico foi adequado também para recuperação de microbacias hidrográficas em longo prazo levando à maior estabilidade da vazão ao longo do ano. Portanto, as práticas agroecológicas, incluindo o controle do número dos animais nas pastagens, a não utilização de agrotóxicos, o controle do mato através de roçadas e os sistemas agroflorestais devem ser recomendadas, pois produzem serviços ambientais importantes, como a regulação hídrica. Este é um serviço dos agroecossistemas fundamental para a sustentabilidade da agricultura de forma geral. Além disto, a implantação dos sistemas agroflorestais pode ser de baixo custo, como no caso dos SAFs aqui estudados.

As pastagens ocupam grandes áreas e o uso de pastagens arborizadas (sistemas agroflorestais) é uma alternativa viável para reduzir os processos de degradação e melhorar a conservação dos solos nessas áreas.

O sistema agroflorestal alia geração de renda, aproveitamento de área e conservação do solo e da água, diminuindo a perda de solo, água, carbono e nutrientes e aumentando a estabilização da vazão. Devido as estes serviços ambientais, dentre outros, os sistemas agroflorestais atualmente são um dos usos do solo permitidos em áreas de preservação permanente nas áreas da agricultura familiar.

6. Referências Bibliográficas

ALBERGONI, L. & PELAEZ, V. Da Revolução Verde à agrobiotecnologia: ruptura ou continuidade de paradigmas. Rev. de Econ., 33: 31-53, 2007.

ALVAREZ V., V. H.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUMARÃES, P. T. G. & ALVAREZ V., V. H., ed. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Viçosa, CFSEMG, 1999. p.25-32.

ANDRADE, A.; SOUSA, S.; DIOGO, J. M. da S. Atributos físicos do solo em diferentes sistemas de manejo. II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SAVANAS TROPICAIS, Brasília. Anais. Brasília, Parla Mundi, 2008. Disponível em: <http://www.cpac.embrapa.br/publicacoes/search_pbl/9?q=Manejo⁄ 20do⁄ 20solo>. Acesso em 12 Ago. 2013.

ARATO, H. D.; MARTINS, S. V. & FERRARI, S. H. S. Produção e decomposição de serapilheira em um sistema agroflorestal implantado para recuperação de área degradada em Viçosa-MG. Rev. Árvore, 27: 715-721, 2003.

BENÍTEZ, P. C.; KUOSMANEN, T.; OLSCHEWSKI, R. & VAN KOOTEN, G. C. Conservation Payments under Risk: A Stochastic Dominance Approach. Am. J. Agr. Econ., 88: 1-15, 2006.

BERTOL, I., ALMEIDA Tolerância de perda de solo por erosão para os principais solos do estado de Santa Catarina. R. Bras. Ciênc. Solo, 24:657-668, 2000.

BERTOL, I. BERTOL, C., BARBOSA, F. T. Simulador de chuva tipo empuxo com braços movidos hidraulicamente: Fabricação e calibração. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 36: 1905-1910, 2012.

BERTOL, I.; COGO, N. P., LEVIEN, R. Erosão hídrica em diferentes preparos do solo logo após as colheitas de milho e trigo, na presença e ausência de resíduos culturais. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 21: 409-418, 1997.

BERTOL, I., COMES, K. E. , DENARDIN, R. B. N., LUIS ARMANDO ZAGO MACHADO, L. A. Z., MARASCHIN, G., E. Propriedades físicas do solo relacionadas a

diferentes níveis de oferta de forragem numa pastagem natural Pesq. agropec. bras., v. 33, n.5: 779-786, 1998.

BERTOL, I.; GOBBI, E.; BARBOSA, F. T.; PAZ-FERREIRO, J.; GEBLER, L.; RAMOS, J. C. & WERNER, R. S. Erosão hídrica em campo nativo sob diversos manejos: Perdas de água e solo e de fósforo, potássio e amônio na água de enxurrada. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 35: 1421-1430, 2011.

BERTONI, J. & LOMBARDI NETO, F. Conservação do solo. 8.ed. São Paulo, Ícone, 2012. 355p.

BOARETT, W. A.; SOUZA, C. M.; WRUCK, F. J. Índice de erosividade das chuvas para Viçosa/MG. Rev. Ceres, 45: 193-201, 1998.

BODDEY, R. M.; MACEDO, R.; TARRÉ, R. M.; FERREIRA, E.; OLIVEIRA, O. C.; REZENDE, C. P.; CANTARUTTI, R. B.; PEREIRA, J. M.; ALVES, B. J. R. & URQUIAGA, S. Nitrogen cycling in Brachiaria pastures: the key to understanding the process of pasture decline. Agric. Ecosyst. Environm., 103: 389-403, 2004.

BRASIL, REPÚBLICA FEDERATIVA DO. Lei 12651 de 25 de maio de 2012. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm> Acesso em 10 Ago. 2013.

CÂMARA, C. D.; LIMA, W. P. & ZÁKIA, M. J. B. Critérios e Indicadores Hidrológicos em Microbacias. In: LIMA, W. P. & ZÁKIA, M. J. B., ed. As florestas plantadas e a água: Implementando o conceito da microbacia hidrográfica como unidade de planejamento. São Carlos, RiMa, 2006. p.107-155.

CAMPOS, B. C.; REINERT, D. J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J. & PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 19: 121-126, 1995.

CARDOSO, C. A.; DIAS, H. C. T; MARTINS, S. V & SOARES, C. P. B. Caracterização hidroambiental da bacia hidrográfica do rio Debossan, Nova Friburgo, RJ. Rev. Árvore, 30: 249-256, 2006.

CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; SOUZA, M. E. P.; CARNEIRO, J. J.; MEIER, M.; FERNANDES, J. M.; SIQUEIRA, L. C. & GARCIA, F. C. P. Agrobiodiversidade

em Sistemas de Produção Agroecológica. In: MING, L. C., AMOROZO, M. C. M. & KFURI, C. W. Agrobiodiversidade no Brasil: Experiências e caminhos de pesquisa. 1.ed. Recife, Nupeea, 2010. p.75-94.

CARDOSO. I. M., GUIJT, I., FRANCO, F. S., CARVALHO, A. F., FERREIRA NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. Agric. Syst. 69: 235–257, 2001.

CARVALHO, A. F. Água e radiação em sistemas agroflorestais com café no Território da Serra do Brigadeiro-MG. Universidade Federal de Viçosa, 2011. 124p. (Tese)

CARVALHO, D. F.; CRUZ, E. S.; PINTO, M. F.; SILVA, L. D. B. & GUERRA, J. G. M. Características da chuva e perdas por erosão sob diferentes práticas de manejo do solo. R. Bras. Eng. Agrí. Amb., 13: 3-9, 2009.

CARVALHO, R.; GOEDERT, W. J. & ARMANDO, M. S. Atributos físicos da qualidade de um solo sob sistema florestal. Pesq. agropec. bras., 39: 1153-1155, 2004.

CARVALHO, R.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C.; CURI, N. & SOUZA, F. S. S. Erosão hídrica em Latossolo vermelho sob diversos sistemas de manejo do cafeeiro no sul de minas gerais. Ciênc. agrotec., 31: 1679-1687, 2007.

CASTRO, C. R. T.; LEITE, H. G. & COUTO, L. Sistemas silvipastoris no Brasil: potencialidades e entraves. Rev. Árvore, 20, n: 575-582, 1996.

COGO, N. P. & STRECK, E. V. Surface and subsurface decomposition of a desiccated grass pasture biomass related to erosion and its prediction with RUSLE. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 27: 153-164, 2003

CORREA, G.F. Modelo de evolução e mineralogia da fração argila dos solos do Planalto de Viçosa, MG. Viçosa, MG. UFV. 1984. 87p. (Dissertação)

CUNHA, A. M.; LANI, J. L.; COSTA, L. M.; FERNANDES FILHO, E. I. & AMARAL, E. F. Morphological, physical and pedogenetic attributes related to water yield in small watersheds in Guarapari/ES, Brazil. Rev. Ceres, 58: 493-503, 2011.

DEAN, W. A Ferro e Fogo: A história e a devastação da mata atlântica brasileira. 2.ed. São Paulo, Cia. Das Letras, 1998. 484p.

DUARTE, E. M. G. Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. Universidade Federal de Viçosa, 2007. 115p. (Dissertação)

DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M. & FÁVERO C. "Terra Forte". Rev. Agri., 5: 11-15, 2008.

DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M.; STIJNEN, T.; MENDONÇA, M. A. F. C.; COELHO, M. S.; CANTARUTTI, R. B.; KUYPER,T. W.; T.; VILLANI, E. M. A. & MENDONÇA E. S. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. Agrofor. Syst., 87: 835–847, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Manual de métodos de análise de solo. 3.ed. Rio de Janeiro, Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2011. 230p.

FAO. La erosion del suelo por el água – algunas medidas para combartila em las tierras de cultivo. Roma, Oeganización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, 1967. 207p.

FAVERO, C.; LOVO, I. C. & MENDONÇA, E. S. Recovery of degraded areas using agroforestry systems in Vale do Rio Doce, Minas Gerais. Rev. Árvore, 32: 861-868, 2008.

FERRARI, L. T.; CARNEIRO, J. J.; CARDOSO, I. M.; PONTES, L. M.; MENDONÇA, E. S. & SILVA, A. L. M. S. O caso da água que sobe: Monitoramento participativo das águas em sistemas agroecológicos. Agriculturas, 3: 30-34, 2010.

FRANCO, F. S.; COUTO, L.; CARVALHO A. F.; JUCKSCH I.; FERNANDES E. I.; SILVA E. & NETO J. A. A. M. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. Rev. Árvore. 26: 751-760, 2002.

FRANCHINI, J. C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M. & PAVAN, M. A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 23: 533-542, 1999.

FREITAS, A. F., PASSOS, G. P., FURTADO, S. D. C., SOUZA, L. M., ASSIS, S. O., MEIER, M., SILVA, B., M., RIBEIRO S., BEVILACQUA, P. D., MANCIO, A. B., SANTOS,

P. R., CARDOSO, I. M. Produção animal integrada aos sistemas agroflorestais: necessidades e desafios. Ver. Agricult. 6(2): 30-35, 2009.

GEILFUS, F. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnostico, planificación, monitoreo e Evaluación. 8. Ed. San José, IICA, 2002. 217p.

GOLFARI, L. Zoneamento Ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, IBDF-PRODEPEF, 1975. 65p.

GOMES, M. A.; LANI, J. L.; COSTA, L. M.; PONTES, L. M.; FIGUEREDO, N. A. & BARDALES, N. G. Solos, manejo e aspectos hidrológicos na bacia hidrográfica do araújos, Viçosa - MG. Rev. Árvore, 36: 93-102, 2012.

GREGORICH, E. G., K.J. GREER, K. J., , ANDERSON, D. W., LIANG, B. C. Carbon distribution and losses: erosion and deposition effects. Soil & Tillage Research 47: 291-302, 1998.

GUEDES, F. B. & SEEHUSEN, S. E. Pagamento por Serviços Ambientais: lições aprendidas e desafios. Brasília, MMA-IBAMA, 2011. 276p.

GUERRA, A. J. T. O início do processo erosivo. In: SILVA, A. S.; GUERRA, A. J. T. & BOTELHO, R. G. M., ed. Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1999. p.17-55.

HERNANI, L. C.; KURIHARA, C. H. & SILVA, W. M. Sistemas de manejo de solo e perdas de nutrientes e matéria orgânica por erosão. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 23: 145-154, 1999.

INÁCIO, E. S. B., CANTALICE, J. R. B., NACIF, P. G. S., ARAÚJO, Q R., BARRETO, A. C. Quantificação da erosão em pastagem com diferentes declives na microbacia do Ribeirão Salomea. Rev. Bras. de Eng. Agríc. e Amb. 11(4): 355–360, 2007.

KER, J. C. Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181p. (Tese)

KER, J. C. Latossolos do Brasil: Uma Revisão. Geonomos, 5: 17-40, 1997.

LONGHI, E. H., FORMIGA, K. T. M. Metodologias para determinar vazão ecológica em rios. Rev. Bras. de Ciênc. Amb., 20:33-48, 2011.

MACEDO, M. C. M.; KICHEL, A. N.; ZIMMER, A. H. Degradação e alternativas de recuperação e renovação de pastagens. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 4p., 2000. (Comunicado Técnico, 62).

MARTINS, S. G.; SILVA, M. L. N.; CURI, N.; FERREIRA, M. M.; FONSECA, S. & MARQUES, J. J. G. S. M. Perdas de solo e água por erosão hídrica em sistemas florestais na região de Aracruz (ES). Rev. Bras. Ciênc. Solo, 27: 395-403, 2003.

MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. V. & MAGALHÃES, M. A. Qualidade da água em bacias hidrográficas. Infor. Agropec., 32: 22-29, 2011.

MENDONCA, E. S.; LEITE, L. F. C. & FERREIRA NETO, P. S. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. Rev. Árvore, 25: 375-383, 2001.

MENDONÇA, E. S. & MATOS, E. S. Matéria Orgânica do Solo: Métodos de Análises. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 2005, 81p.

MENEZES, M. D.; JUNQUEIRA JÚNIOR, J. A.; MELLO, C. R.; SILVA, A. M.; CURI, N. & MARQUES, J. J. Dinâmica hidrológica de duas nascentes, associada ao uso do solo, características pedológicas e atributos físico-hídricos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Lavrinha – Serra da Mantiqueira (MG). Scient. Forest, 37: 175-184, 2009.

MENEZES, J. M. T.; VAN LEEUWEN, J.; VALERI, S. V.; CRUZ, M. C. P. & LEANDRO, R. C. Comparison of soils used for agroforestry and of remaining forests, in northern Rondônia State, Brazil. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 32: 893-898, 2008 .

MINAS GERAIS, Instituto Mineiro de Gestão das Águas. Manual técnico e administrativo - outorga de direito de uso de recursos hídricos no Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, IGAM, 2010. Disponível em: <http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/outorga/manual/manual-de-outorga.pdf>. Acesso em 15 ago. 2013.

MYERS N.; MITTERMEIER R. A.; MITTERMEIER C. G.; FONSECA G. A. & KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature, 403: 853-858, 2000.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY, N. & MAY, P. H. Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services. Ecolog. Econom., 69: 1202-1208, 2010.

NAIR, P. K. R. An Introduction to Agroforestry. 1.Ed. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1993. 489p.

PACIULLO, D. S. C.; CARVALHO, C. A. B.; AROEIRA, L. J. M.; MORENZ, M. J. F.; LOPES, F. C. F. & ROSSIELLO, R. O. P. Morfofisiologia e valor nutritivo do capim-braquiária sob sombreamento natural e a sol pleno. Pesq. Agropec. Bras., 42: 573-579, 2007.

PEREIRA, W. Avaliação da erosividade das chuvas em diferentes locais do Estado de Minas Gerais. Universidade Federal de Viçosa, 1977. 73p. (Dissertação)

PETAN, S.; TAVEIRA-PINTO-P, F.; MIKO, M. J. & PAIS-BARBOSA, J. Modelação da erosão do solo da bacia hidrográfica do rio leça, com a equação rusle e sig. Rev. Recur. Hídr., 31: 99-110, 2010.

PERON, A. J.; ANTÔNIO RICARDO EVANGELISTA, A. R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. Ciênc. agrotec., Lavras, 28(3): 655-661, 2004.

PINTO, V. A. P.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C. & FERREIRA, E. Estudo das nascentes da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Cruz, Lavras, MG. Scient. Forest., 65: 197-206, 2004.

PORTES, R. C. Identificação do uso da terra sob manejo agroecológico utilizando imagem de alta resolução e conhecimento local. Universidade Federal de Viçosa, 2010. 85p. (Dissertação)

PRADO, R. B.; TAVARES, S. R. L.; BEZERRA, F. B.; RIOS, L. C. & ESCALEIRA, V. Manual técnico de coleta, acondicionamento, preservação e análises laboratoriais de água para fins agrícolas e ambientais. 1.ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2004. 97p. (Documento n.65)

RIBEIRO, S. C.; CHAVES, H. M. L.; JACOVINE, L. A. G. & SILVA, M. L. Estimativa do abatimento de erosão aportado por um sistema agrossilvipastoril e sua contribuição econômica. Rev. Árvore, 31: 285-293, 2007.

ROZADOS-LORENZO, M. J.; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, M. P. & SILVA-PANDO, F. J. Pasture production under different tree species and densities in an Atlantic silvopastoral system. Agrofores. Syst., 70: 53-62, 2007.

SANTOS, T. E.; MONTENEGRO, A. A. A.; SILVA JUNIOR, V. P. & MONTENEGRO, S. M. G. L. Erosão Hídrica e Perda de Carbono Orgânico em Diferentes Tipos de Cobertura do Solo no Semi-Árido, em Condições de Chuva Simulada. Rev. Bras. Recur. Hídri., 13: 113-125, 2008.

SCHAEFER, C. E. R.; SILVA, D. D.; PAIVA, K. W. N.; PRUSKI, F. F.; ALBUQUERQUE FILHO, M. R.; ALBUQUERQUE, M. A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 37: 669-678, 2002.

SILVA, J. E. & RESCK, D. V. S. Matéria orgânica do solo. In: VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. Ed. Biologia dos solos dos cerrados. Planaltina, EMBRAPA-CP, 1997. p.467-524.

SOUSA, T. F. C. W. L.; CARNEIRO, J. J.; FERRARI, L. T.; MACHADO, M. V. O.; CARDOSO, I. M. & MENDONÇA, E. S. Manejo de recursos hídricos por agricultores agroecológicos na Zona da Mata-MG. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, VII., Fortaleza, 2011. Disponível em <http://www.aba-agroecologia.org.br/ojs2/index.php/cad/article/view/12481/7790> Acesso em 27 fev. 2013.

SOUZA, H. N. Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata mineira. Universidade Fedreal de Viçosa, 2006. 127p. (Dissertação)

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; FERNANDES, J. M.; GARCIA, F. C. P.; BONFIM, V. R.; SANTOS, A. C.; CARVALHO, A. F. & MENDONÇA, E. S. Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome. Agrofor. Syst., 80: 1-16, 2010.

SOUZA, H. N.; CARDOSO, I. M.; MENDONÇA, E. S.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B.; GJORUP, D. F. & BONFIM, V. R. Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry

systems, with an example of its application. Agrofor. Syst., 85: 247-262, 2012.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S. J. Análise de Solo, Planta e outros materiais. 2.ed. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos n.5)

THOMAZINI, A., AZEVEDO, H. C. A., MENDONÇA, E. de S. Perdas de solo, água e nutrientes em sistemas conservacionistas e convencionais de café no sul do estado do Espírito Santo. Rev. Bras. de Agroec. 7(2): 150-159, 2012.

TUCCI, C. E. M. & CLARKE, R. T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: Revisão. Rev. Bras. Recur. Hidr., 2: 135-152, 1997.

VILAR, M. B. Valoração econômica de serviços ambientais em propriedades rurais. Universidade Federal de Viçosa. 2009. 146p. (Dissertação)

VOLK, L. B. S.; COGO, N. P. & STRECK, E. V. Erosão hídrica influenciada por condições físicas de superfície e subsuperfície do solo resultantes do seu manejo, na ausência de cobertura vegetal. Rev. Bras. Ciênc. Solo, 28: 763-774, 2004.

YOUNG, A. Agroforestry for soil management. 2.ed. Wallingford, ICRAF and CAB International, 1997. 320p.

Capítulo 4

Considerações Finais

Agricultores(as) usaram técnicas baseadas nos princípios da agroecologia na região da Zona da Mata de Minas Gerais de forma geral e na microbacia do São Joaquim em Araponga-MG em particular observaram diversas mudanças em suas unidades produtivas como aumento da biodiversidade, o conforto térmico proporcionado pelas árvores nos agroecossistemas, a diversificação da produção contribuindo na alimentação da família e geração de alternativas de renda, a conservação do solo com redução da erosão, o aumento da água e melhoria na sua qualidade. Todas estas mudanças impactaram positivamente na sustentabilidade da agricultura familiar, que predomina na maioria dos municípios desta região.

No processo de transição agroecológica os agricultores incorporaram técnicas como os sistema agroflorestais, cercamento de nascentes e córregos, roçagem da vegetação espontânea, manejo correto dos animais no pasto e promoveram a revegetação dos topos de morro. Tudo isto impactou positivamente a dinâmica da água. Diversas famílias conseguiram recuperar nascentes e viram a quantidade de água aumentar como foi verificado no processo de sistematização de experiências realizado.

A partir das observações das famílias agriculturas diversas pesquisas têm sido realizadas buscando compreender as mudanças ocorridas.

Dentre estas pesquisas, sistematizaram-se as experiências de agricultores, dentre elas a experiência envolvendo questões relacionadas com água, como aqui apresentada. As sistematizações contribuíram para geração de demandas para pesquisas além de consolidar e divulgar conhecimentos importantes para

construção da agroecologia e da produção agropecuária baseada em seus princípios.

As pesquisas conduzidas nesta dissertação apontaram que os sistemas de produção agroecológicos contribuíram para redução da perda de solo, de água e nutrientes ajudando na conservação do solo e da água e no melhor aproveitamento das chuvas, mantendo a vazão dos córregos mais constantes ao longo do ano. Estas variáveis medidas em campo ajudaram a entender, em parte, como o manejo agroecológico contribui na conservação dos recursos hídricos locais.

Os sistemas agroflorestais (SAFs) contribuíram na redução da perda de solo, água e nutrientes. Os SAFs com café avaliados perderam menos solo por erosão. Nas pastagens, os sistemas agroflorestais contribuíram para menor perda de água e solo. Em todos os sistemas agroflorestais foi perdida menor quantidade (g/ha) de carbono orgânico e da maioria dos nutrientes avaliados.

As microbacias manejadas em sistema agroecológicos apresentaram maior regularidade de vazão nos cursos d'água ao longo do ano. Mas, novas pesquisas devem ser realizadas aprofundando a compreensão da dinâmica da da vazão em sistemas agroecológicos água. Estas pesquisas devem ser de longo prazo.

A regularização da vazão e a erosão reduzida em microbacias manejadas em SAFs ajudam a explicar as mudanças positivas observadas na água pelsa famílias agricultoras em transição agroecológica.

Anexo 1

Os Dez mandamentos da Conquista de Terra em Conjunto

Elaborados em 1994 (CAMPOS, 2006)

1- Interesse pela Terra: ter amor pela terra e compromisso;

2- Comportamento no grupo: ter sinceridade, não mentir, não tomar decisões individualistas, participar de reuniões;

3- Meio-ambiente: ter consciência ecológica;

4- Divisão: formar um grupo responsável e não tomar decisões precipitadas;

5- Conquista das Terras: fazer economia para comprar terra, ter em mente que isso é possível, e viver em sintonia com a comunidade;

6- Forma de Convivência: ter diálogo e compreensão com os companheiros, tratar de assuntos que envolvem a família, participação e reflexão religiosa em grupos, independente de seita;

7- Participação e Contribuição da Mulher: lutar e animar o companheiro, exigir seu nome nos documentos, não ter vergonha de ser lavradora, participação na partilha das terras, participação nas decisões em grupos;

8- Participação Agrícola: participação nas trocas de serviço e mutirão, recuperação e conservação do solo, visitar as propriedades do companheiro, usar leguminosas;

9- Maneiras de Usar as Coisas Móveis do Grupo: usar tração animal para os serviços do grupo, uso dos animais por pessoas acostumadas com esse trabalho, reconhecer as necessidades maiores de serviços, ter zelo com os animais;

10- Maneira de Usar os Imóveis: conservar e ampliar as estradas, manter trilhas, usar e oferecer estruturas como moinho, engenho olaria, usina, manter torneiras fechadas quando a água for pouca, controlar seus pequenos animais para não prejudicarem e propriedade vizinha. (CTA, 2002)

Anexo 2

Critérios definidos pelos(as) agricultores(as) de Araponga-MG para enquadrar uma propriedade rural como agroecológica[1]

1. Agroecologia é vida e deve-se respeitar todas as formas de vida.
2. Perceber e fortalecer o espírito através da natureza.
3. Não colocar fogo.
4. Recuperar e proteger nascentes.
5. Cuidar do solo. Deixar o solo coberto para evitar erosão. Inclusive na pastagem.
6. Respeito mútuo. Respeito à esposa, ao esposo e aos filhos pelos membros da família.
7. Não usar agrotóxico (herbicida, fungicida, inseticida, etc). Aceita-se o uso de formicida.
8. Procurar alternativas para uso de produtos não tóxicos para os problemas dos animais (vermes, bernes, carrapatos, mastite e outras coisas).
9. Diversidade de plantas. Deve-se ter diversidade de plantas na propriedade, no cafezal, na pastagem e no quintal. Deve-se ter árvores frutíferas e não frutíferas, horta e plantas medicinais na propriedade.
10. Cuidar das árvores. Mais do que plantar, deve-se procurar deixar as árvores crescerem naturalmente, onde elas saíram.
11. Rotação de cultura. Deve-se procurar fazer rotação de cultura
12. Se possível, deixar a terra descansar um pouco.
13. Valorizar a participação de todos os membros da família nas atividades agroecológicas.
14. Participação de todos da família na renda da propriedade.
15. Cuidar dos animais domésticos e silvestres com carinho. Procurar formas de aumentar os animais silvestres.

16. Ter um número de animais nas pastagens que não as degradem.
17. Não deixar a água escorrer na propriedade, inclusive nas estradas.
18. Cuidar do lixo na propriedade.
19. Cuidar dos dejetos humanos e dos animais na propriedade, inclusive nas estradas.
20. Usar e preservar sementes crioulas.
21. Não usar sementes transgênicas.
22. Participação nas organizações (sindicatos, associações, cooperativas, etc).
23. Contribuir para a distribuição justa da terra. Participar da conquista de terras ou promover outras ações que contribuam para que todos tenham terra para trabalhar, pois isto gera autonomia no manejo e permite o uso de técnicas corretas na propriedade.
24. Cooperação. Ter vontade e dedicar tempo para divulgar o trabalho com agroecologia, para isto deve-se ter tempo para participar de reuniões, para receber visitas e visitar também. Ser aberto a cooperação.
25. Ter boa convivência com os vizinhos. Não deixar os animais prejudicarem os vizinhos.
26. Pagar em dia as contas com a cooperativa de crédito.
27. Assumir a cultura Puri.

[1] Critérios construídos de forma participativa em reuniões, com a participação do CTA-ZM, UFV e STR (informações cedidas pelo STR-Araponga e CTA-ZM).