

Tommy Flávio Cardoso Wanick Loureiro de Sousa

**MANEJO AGROECOLÓGICO E QUALIDADE DA ÁGUA NO ENTORNO DO
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO BRIGADEIRO**

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
2014

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S725m
2014
Sousa, Tommy Flávio Cardoso Wanick Loureiro de, 1985-
Manejo agroecológico e qualidade de água no entorno do Parque
Estadual da Serra do Brigadeiro / Tommy Flávio Cardoso Wanick Loureiro
de Sousa. - Viçosa, MG, 2014.
ix, 107f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador: Irene Maria Cardoso.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Solos. 2. Manejo Agroecológico. 3. Manejo Convencional. 4.
Saneamento Rural. 5. Água - Qualidade. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em Solos e
Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 631.43

Tommy Flávio Cardoso Wanick Loureiro de Sousa

**MANEJO AGROECOLOGICO E QUALIDADE DA ÁGUA NO ENTORNO DO
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DO BRIGADEIRO**

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: 28 de Fevereiro de 2014

Ivo Jucksch

Laércio dos Anjos Benjamim
(Coorientador)

Elpídio Inácio Fernandes Filho

Irene Maria Cardoso
(Orientadora)

Dedico:

À toda minha família,
À minha mãe: Heloisa Wanick,
À minha companheira e filha: Luisa e Iara,
A todos Agricultores Agroecológicos,
À memória do meu avô: Silvio Wanick,
À vida.

AGRADECIMENTOS

Por ter vencido mais uma etapa agradeço a Deus e a todos seres de luz, que me deram determinação, força e perseverança nessa jornada de aprendizado.

Ao povo brasileiro, que por mediação da Universidade Federal de Viçosa (UFV), da Coordenação de Aperfeiçoamento aos Profissionais do Ensino Superior (CAPES), do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), permitiu a realização desse trabalho.

À Dona Amélia e à seu marido Sr. Cosme (*in memoriam*), que foi um grande visionário, sendo um dos pioneiros a experimentar a transição agroecológica no município de Araponga-MG.

Agradeço a todas famílias agricultoras que nos receberam e apoiaram durante todos os anos de pesquisa: Vicente, Lucimar, Neidinha, Nalvinha, Josué e Jonas; Fia, Paulinho, Isac, Luís e Lucas; Sr. Pedro Vaz e Cândida; Dona Maria.

Muita gratidão a tod@s integrantes da Escola Família Agrícola Puris pela oportunidade de todos esses anos de convivência. Um abraço especial a Maria Rosânia e ao Iasc pela contribuição na coleta dos dados. Agradeço também ao Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA) por todas as contribuições nesse trabalho.

A todas gerações do GTÁgua: Lucas Ferrari, Lucas machado, Joana, Drica, Marcus, Matheus, Luan, Patanjaly, Cris, Vinicius. Vocês foram determinantes!

Irene, agradeço a você por tudo, pelo exemplo de educadora, pela mãezona que é. Ivo, sou muito grato pela amizade e incentivo. Professores Laércio, Anôr e Rafael, muito obrigado pelos ensinamentos.

Agradeço também a todos amigos da capoeira, do Grupo de Agricultura Orgânica (GAO), da república Valfenda, aos companheir@s do sítio canelas e aos colegas de mestrado e da engenharia Ambiental.

Agradeço com todo meu amor a Luisa, por todos os sacrifícios, conselhos, paciência e pelo maior presente da minha vida, que recebi no terceiro período do curso, nossa filha Iara.

Enfim, agradeço à tod@s que de alguma forma contribuíram para realização desse trabalho.

BIOGRAFIA

Tommy Flávio Cardoso Wanick Loureiro de Sousa, nasceu em 1 de junho de 1985 na cidade de Belho Horizonte/MG. Cresceu na cidade de Ouro Preto-MG, onde cursou a maior parte do Ensino Fundamental em escola pública. O Ensino Médio foi feito em escola particular e, no ano de 2005, ingressou no curso de Engenharia Ambiental na Universidade Federal de Viçosa.

Durante a graduação na UFV, participou de atividades em várias áreas, através de estágios, cursos e projetos, com destaque para: estágio com análises de água na ETA, Estágio Interdisciplinar de Vivência, participou da coordenação do programa de extensão Capoeira Alternativa, fez parte do grupo de Agricultura Orgânica e Agroecologia – GAO, e atuou como professor de Educação Ambiental para 3º e 4º anos do Ensino Fundamental. Concluiu a graduação em janeiro de 2011.

Iniciou a carreira profissional atuando como professor da disciplina Tratamento de Água no curso técnico em Meio Ambiente na Escola ETEV durante o ano de 2011. Concomitantemente atuou como professor de Física na Escola Família Agrícola-PURIS nos anos de 2011, 2012 e 2013.

Afim de ingressar no mestrado, integrou a equipe do grupo de extensão e pesquisa em água - GTÁgua do Departamento de Solos da UFV, sendo aprovado no Programa de Pós-Graduação em Agroecologia e no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, iniciando este último em março de 2012, conciliando a atuação de professor da EFA-PURIS, as atividades de extensão e pesquisa do GTÁgua e a pós-graduação, que foi concluída em fevereiro de 2014, mesmo mês em que ingressou na carreira de magistério superior na Universidade Federal de Viçosa, como professor do departamento de Educação no curso de Licenciatura em Educação do Campo.

SUMÁRIO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	x
Capítulo 1.....	1
Introdução Geral.....	1
1. Referências bibliográficas.....	5
Capítulo 2.....	7
Saneamento básico no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro.....	7
Resumo.....	7
1. Introdução.....	8
2. Material e métodos.....	10
3. Resultados.....	12
3.1. Abastecimento de água.....	12
3.2. Esgotamento sanitário.....	13
3.3. Resíduos sólidos.....	14
4. Discussão.....	15
4.1. Abastecimento de água.....	15
4.2. Esgotamento sanitário.....	17
4.3. Resíduos Sólidos.....	18
5. Considerações finais.....	19
6. Referências bibliográficas.....	21
Capítulo 3.....	23
Manejo do Solo e Qualidade da Água.....	23
RESUMO.....	23
1. Introdução.....	24
2. Material e métodos.....	27
2.1. Descrição da área de estudo.....	27
2.2. Precipitação.....	31
2.3. Monitoramento de qualidade da água.....	31
2.4. Índice de qualidade da água.....	33
2.5. Análises estatísticas.....	34
3. Resultados.....	35
3.1. Precipitação.....	35
3.2. Oxigênio dissolvido.....	36
3.3. Demanda bioquímica de oxigênio.....	37
3.4. Nitrogênio total.....	38
3.5. Fósforo total.....	39

3.6.	Potencial hidrogeniônico (pH)	40
3.7.	E. coli	41
3.8.	Turbidez	42
3.9.	Temperatura	43
3.10.	Sólidos totais	43
3.11.	Índice de qualidade de água	44
4.	Discussão.....	45
4.1.	Precipitação.....	45
4.2.	Oxigênio dissolvido	45
4.3.	Demanda bioquímica de oxigênio.....	46
4.4.	Nitrogênio total.....	47
4.5.	Fósforo total.....	48
4.6.	Potencial hidrogeniônico	49
4.7.	E. coli	49
4.8.	Turbidez	50
4.9.	Temperatura	50
4.10.	Sólidos totais	51
4.11.	Índice de qualidade da água	51
5.	Considerações Finais.....	52
6.	Referências bibliográficas	54
Capítulo 4	.....	60
Peixes: bio-indicadores de qualidade da água	.....	60
RESUMO	.....	60
1.	Introdução.....	61
2.	Material e métodos.....	64
2.1.	Descrição do local de estudo	64
2.2.	Obtenção e manutenção de peixes em tanques redes	64
2.3.	Coleta do material biológico para estudo.....	65
2.4.	Estudo biométrico.....	66
2.5.	Estudo histológico.....	66
2.6.	Análises morfométricas e morfológicas.....	67
2.7.	Análises estatísticas	68
2.8.	Normas de conduta para uso de animais na pesquisa	68
3.	Resultados.....	69
3.1.	Estudo biométrico.....	69
3.1.1.	Peso corporal	69
3.1.2.	Comprimento total.....	69

3.1.3.	Comprimento padrão.....	70
3.1.4.	Fator de condição	70
3.2.	Estudo Histológico: morfológico e morfométrico.....	71
3.2.1.	Proporção de tecido sadio/doente	71
3.2.2.	Sistema vascular.....	72
3.2.3.	Lamela primária	74
3.2.4.	Fusão da lamela secundária	76
3.2.5.	Aneurismas.....	77
3.2.6.	Hemorragias.....	78
3.2.7.	Células de muco	79
4.	Discussão.....	79
4.1.	Estudo biométrico.....	79
4.2.	Estudo Histológico: morfológico e morfométrico.....	80
4.2.1.	Proporção de tecido sadio/doente	80
4.2.2.	Sistema vascular.....	81
4.2.3.	Lamela primária	81
4.2.4.	Lamela secundária	82
4.2.5.	Aneurismas.....	82
4.2.6.	Hemorragias.....	83
4.2.7.	Células de muco	83
5.	Considerações finais	84
6.	Referências bibliográficas	85
Capítulo 5	.....	90
Considerações Finais	.....	90
Anexo 1	.....	92

RESUMO

SOUSA, Tommy F. C. W. L. de, M Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2014. **Manejo agroecológico e qualidade da água no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Coorientadores: Laércio dos Anjos Benjamin e Raphael Bragança Alves Fernandes.

No território da Serra do Brigadeiro, importante pela rica biodiversidade, paisagens singulares e grande potencial agroecológico, inúmeras pesquisas sistematizaram e apontaram muitos benefícios do manejo agroecológico, em especial com sistemas agroflorestais. Estes benefícios foram também apontados pelas próprias famílias agricultoras, após anos de transição agroecológica. Dentre os benefícios, destacam-se o aumento da quantidade e qualidade da água nas nascentes e cursos d'água de propriedades em transição agroecológica. Entretanto, ainda muitas propriedades permanecem com manejo convencional. O presente estudo foi desenvolvido buscando diagnosticar as principais fontes de poluição da água nas comunidades rurais dessa região e verificar os benefícios do manejo agroecológico na dinâmica da água. Inicialmente diagnosticou-se a atual situação do saneamento básico nas comunidades localizadas no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), que influencia diretamente a qualidade da água e do solo. O estudo abrangeu todas as comunidades localizadas em uma área de 2 km ao redor dos limites do parque. O acesso aos serviços de saneamento básico são precários e podem estar afetando negativamente a qualidade da água de afluentes de rios importantes como o Doce e o Paraíba do Sul, na solução do problema de saneamento, especialmente em áreas rurais, devem ser consideradas soluções individuais, como algumas tecnologias sociais, que são acessíveis economicamente e tecnicamente eficazes. Em uma das Bacias Hidrográficas na área de amortecimento do Parque (a Bacia do São Joaquim) analisou-se a qualidade da água, com o objetivo de determinar o índice de qualidade da água (IQA) em seis pontos. Dois destes pontos estão localizados em microbacias influenciadas pelo manejo tido como convencional e dois pelo manejo agroecológico, estando os outros dois pontos localizados à montante e à jusante da bacia hidrográfica. Relacionou-se os IQAs obtidos com os diferentes tipos de manejo dos solos adotados na bacia. Os resultados encontrados permitem concluir que o sistema de manejo agroecológico adotado na bacia do rio São Joaquim contribuiu para conservação e recuperação da qualidade da água. Entretanto, por ainda não ser praticado em todas as propriedades, o manejo agroecológico não influenciou a qualidade da água da bacia hidrográfica como um todo. Ainda nesta Bacia determinou-se a qualidade da água, indiretamente, através da análise histológica de lesões em peixes, um ótimo bioindicadores de poluição. As análises feitas também indicaram diferenças entre as microbacias agroecológicas e convencionais, e os resultados apontaram sinais de degradação da qualidade da água nas bacias convencionais, provavelmente influenciados pela contaminação das águas dessas propriedades por agrotóxicos. Todo estudo foi desenvolvido através de metodologias participativas, onde o diálogo entre o saber popular e científico foi importante na construção de um novo saber prático, acessível e, portanto, capaz de contribuir para solucionar problemas de poluição ambiental inerentes ao manejo convencional. Para isto é importante

apoiar o processo de transição agroecológica já em curso em algumas propriedades do entorno do Parque.

ABSTRACT

SOUSA, Tommy F. C. W. L. de, M Sc., Universidade Federal de Viçosa, february, 2014.

Agroecological management and water quality in the surrounding of the State Park Serra do Brigadeiro. Adviser: Irene Maria Cardoso. Co-Advisers: Laércio dos Anjos Benjamin e Raphael Bragança Alves Fernandes.

In the *Serra do Brigadeiro* territory, important due to its biodiversity, unique sights and enormous agroecological potential, several studies systematized and pointed out the benefits of the agroecological management, especially using agroforestry systems, after years of agroecological transition. These benefits were also pointed by the family's farmers. Among the benefits, we highlight the improvement in water quality and quantity of the springs and streams located in the farms in agroecological transition. However, several farmers keep the conventional management in their properties. This study was developed to diagnose the main source of the water pollution in the rural communities and verify the benefits of agroecological management in the water dynamics. First, we diagnosed the sanitation condition in the communities, in the surrounding of the State Park Serra do Brigadeiro (PESB), that directly influence the water and soil qualities. The study covered all the communities within 2km of around the park (PESB) limit. The basic sanitation access are precarious and can negatively affect the water quality of important influent river such as Doce and Paraíba do Sul. In one of the watershed of the Park buffer zone (São Joaquim Basin) the quality of water was analyzed and the Water Quality Index (WQI) was calculated in six locations. Two of them, located in a watershed conventionally managed, two of them located in a watershed agroecologically managed and the last two points were located upstream and downstream of the whole watershed. The WQI was related to the soil management of the watershed. The result shows that agroecological management used at the São Joaquim river contributed for the preservation and quality of the water. However, the majority of the farmers still adopt conventional management and because of that the agroecological management did not affected the water quality in the São Joaquim Basin. Histological analyses were carried out also in São Joaquim Basin. The fishes injuries are great pollution bioindicators. The results showed differences among agroecological and conventional watersheds. The fishes tissues showed more injuries in the conventional farmers, probably due to contamination of water with pesticides. All studies were carried out using participatory methodologies. The dialogue between popular and scientific knowledge is necessary to build knowledge that are practical and accessible and can solve environmental pollution problems, caused by conventional management. For this, it is important to support the, already on going on, agroecological transition in some of the surrounding Park properties.

Capítulo 1

Introdução Geral

O aumento da utilização da água, associado a problemas de gestão, tem causado a degradação das águas, piorando a qualidade e diminuindo a quantidade disponível. Muitos autores apontam influências de processos naturais e antrópicos na qualidade da água em diferentes regiões do planeta (Akbal et al., 2011, Omo-Irabor et al., 2008, Wang et al., 2007; Bellos et al., 2004).

Dentre os processos antrópicos, a forma de uso, ocupação e manejo do solo interferem na dinâmica das águas, uma vez que o solo é parte integrante do ciclo hidrológico. Parte das águas de chuva ao precipitar, escoam para os mananciais hídricos, mas parte inicialmente infiltra-se no solo para só depois chegar aos corpos hídricos. A água que infiltra no solo é responsável por uma maior regularização das vazões das nascentes, córregos e rios. Assim, o uso e a ocupação dos solos para as atividades humanas causam significativas alterações nos recursos hídricos, seja na forma de sua espacialização no tempo quanto na sua qualidade (Craig, 2000).

O uso e ocupação dos solos no meio rural em especial influenciam muito a dinâmica da água, pois nas áreas rurais estão localizadas as nascentes de importantes rios, que são necessárias a múltiplos usos, como: o abastecimento de centros urbanos, recepção de efluentes e agricultura. O modelo agrícola atual não presta atenção à conservação dos solos e das águas, e por isso boa parte da água se encontra contaminada, o que tem se mostrado insustentável do ponto de vista ambiental (Noronha et al., 2009), apontando para a necessidade de se criar políticas públicas e instrumentos de gestão que prezem pela recuperação e preservação das águas no meio rural (CISAM, 2006).

Uma das estratégias brasileiras para proteger e preservar seus biomas e sua biodiversidade tem sido a criação de unidades de conservação. Mas não basta apenas a existência de áreas de preservação, se logo após suas fronteiras as águas são contaminadas. É preciso que as comunidades localizadas nas zonas de amortecimento das unidades de conservação utilizem instrumentos de gestão que garantam a preservação da água.

A partir de 2003, o Governo Federal Brasileiro criou, através da Secretaria de Desenvolvimento Territorial (SDT) do Ministério do Desenvolvimento Agrário (MDA), o Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Territórios Rurais – PRONAT, com o objetivo de promover e apoiar as iniciativas da sociedade civil e dos poderes públicos nos territórios rurais, visando o desenvolvimento sustentável, com redução das desigualdades regionais e sociais, e a integração das dinâmicas territoriais ao processo de desenvolvimento nacional.

Na Zona da Mata mineira está localizado o Território da Serra do Brigadeiro, que foi construído a partir da mobilização em torno de uma unidade de conservação, o Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, localizado no bioma Mata Atlântica, que é o divisor de águas entre duas das mais importantes bacias hidrográficas do sudeste brasileiro, a bacia do rio Doce e a bacia do rio Paraíba do Sul (Gjorup, 1998). Nasceram no parque importantes afluentes destes dois rios que abastecem cidades importantes como Governador Valadares, Juiz de Fora, Linhares e Rio de Janeiro.

O Parque é considerado uma das 76 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais, sendo classificada na categoria de Importância Biológica Alta (Drumond et al., 2005). Entretanto, a preservação da biodiversidade não foi prioridade nos relatos históricos de ocupação dessa região, onde inicialmente a Mata Atlântica deu lugar a lavouras de café, e que após a queda da qualidade dos solos foi substituída por pastagens, das quais muitas se encontram degradadas (Dean, 2004).

Aliado ao histórico de ocupação da região, o pacote tecnológico da “revolução verde” trouxe problemas ambientais, econômicos e sociais que atingiram em especial a agricultura familiar como um empreendimento econômico, principalmente pela dependência de monoculturas e de insumos químicos (Ferrari, 1996).

No entanto, a opção por uma agricultura que busca conciliar produção agrícola e preservação ambiental, feita por um grupo de agricultores familiares da região que tem feito a transição agroecológica, torna a propriedade menos dependente de insumos externos e, portanto, mais sustentável. Entre as opções de manejo utilizadas pelos agricultores, destacam-se o uso de sistemas agroflorestais, a substituição da capina pela roçada, a não

utilização de queimadas, a proteção das nascentes, o respeito à capacidade suporte das pastagens e o não uso de agrotóxicos.

Os muitos anos de experimentação vividos pelos agricultores possibilitaram o desenvolvimento de agroecossistemas mais sustentáveis do ponto de vista social e econômico, e do ponto de vista ambiental (Matos et al., 2008). Inúmeros estudos têm apontado melhorias na qualidade do solo a partir do manejo agroecológico de suas propriedades, em especial com o uso de sistemas agroflorestais. Muitos destes estudos foram realizados na região de Araponga-MG, um município localizado na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (NEVES, 2001; DUARTE, 2007; FERNANDES, 2007; CARDOSO et al., 2010). Em consequência da melhoria da qualidade do solo, outros benefícios têm sido apontados pelos agricultores/as, como o aumento da quantidade e qualidade da água nas nascentes e cursos d'água (FERRARI et al., 2010). Entretanto, ainda há poucos estudos confirmando tais benefícios.

Para estudar os benefícios relacionados a água, em 2009 formou-se o grupo de pesquisa e extensão GTÁgua, composto por uma equipe multidisciplinar com estudantes da Universidade Federal de Viçosa, professores do Departamento de Solos, Departamento de Veterinária e Engenheiros Ambientais e Agrícolas recém formados. O grupo formou parcerias com o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), com a Escola Família Agrícola Puris (EFA-Puris), aprovou projetos financiados pelo CNPq e FAPEMIG. Utilizando metodologias participativas o grupo, realizou inicialmente um diagnóstico e sistematização das famílias agricultoras de Araponga-MG que possuíssem nascentes e curso de água na propriedade, com objetivo de selecionar as microbacias potenciais para desenvolvimento da pesquisa com os recursos hídricos. Buscando sempre o envolvimento da comunidade, principalmente através de oficinas e intercâmbios na EFA-Puris, a pesquisa iniciou-se com monitoramento da qualidade da água *in situ*, medições de vazão e precipitação, diagnóstico do uso das terras de cada microbacia e monitoramento do escoamento superficial (Carneiro et al., 2009; Ferrari et al., 2010; Sousa et al., 2011; Pinto et al., 2013).

Parte do trabalho realizado pelo GTÁgua foi apresentado na dissertação de Carneiro (2013) e outra parte do trabalho originou a essa dissertação, cujo objetivo geral é subsidiar programas de serviços ambientais, saneamento rural e de recuperação e conservação de

recursos hídricos. Espera-se que os resultados contribuam para o processo de transição agroecológica, incentivando tecnologias de manejo agroecossistemas menos dependentes de insumos externos, com redução dos custos da produção e menos agressivo ao meio ambiente.

Esta dissertação está estruturada em Introdução Geral (Capítulo 1) e por mais quatro capítulos. O Capítulo 2 (Saneamento básico no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro) objetivou diagnosticar a situação do saneamento básico nas comunidades rurais em torno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. O Capítulo 3 (Manejo do Solo e Qualidade da Água) objetivou estudar a influência do manejo agroecológico e do manejo convencional sobre a qualidade da água, em uma das bacias do entorno do Parque. O capítulo 4 (Peixes: bio-indicadores de qualidade da água) objetivou monitorar, utilizando peixes como bioindicadores, a qualidade da água em microbacias com manejo agroecológico e convencional. No último capítulo são apresentadas as considerações finais.

1. Referências bibliográficas

- AKBAL, F., Gürel, L., Bahadir, T., Güler, İ., Bakan, G., & Büyükgüngör, H. (2011). Multivariate statistical techniques for the assessment of surface water quality at the Mid-Black Sea Coast of Turkey. *Water, Air, and Soil Pollution*, 216, 21 – 37.
- BELLOS, D., Sawidis, T., & Tsekos, I. (2004). Chemical pollution monitoring of river Pinios (Thessalia Greece). *Environment International*, 30, 105 – 115.
- 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.
- CARNEIRO, J. J.; *Sistemas Agroecológicos de Produção Conservam Água e Solo*. Dissertação de Mestrado (Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2013.
- CISAN. Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. *Manual de Saneamento Rural*. 2006;
- CRAIG, J. F. Large dams and freshwater fish biodiversity. Contributing paper prepared for Thematic Review II.1: Dams, ecosystem functions and environmental restoration – World Commission on Dams. 59 p., 2000.
- GJORUP, G. B.; *Planejamento Participativo de uma unidade de conservação e do seu entorno: o caso do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro*. Tese de Doutorado. Viçosa: UFV, 1998. 113p.
- DEAN, W. *A ferro e fogo: a história e a devastação da Mata Atlântica brasileira*. São Paulo: Companhia das letras. 2004. 484 p.
- 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. (Noronha et al., 2009),

- DUARTE, E. M. G., Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado (Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007. 115 p.
- FERRARI, E. A. Desenvolvimento da agricultura familiar: a experiência do CTA-ZM. In: ALVARES V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: JARD, 1996. p.233-250.
- 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. Revista Agriculturas, v. 7, n. 3, p. 30-34. 2010.FERNANDES, 2007
- MATOS, E.S. et al. Green manure in coffee systems in the region of Zona da Mata, Minas Gerais: characteristics and kinetics of carbon and nitrogen mineralization. Rev. Bras. Ciênc. Solo, Viçosa, v. 32, n. 5, Oct. 2008 .
- NEVES, Y. P.; Martinez, H. E. P.; Souza, C. M.; Cecon, P. R. Crescimento e produção de Coffea arabica, fertilidade do solo e retenção de umidade em sistema agroflorestal. II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória: EMBRAPA, 2001. 1678-1687 p.
- OMO-IRABOR, O.O., Olobaniyi, S.B., Oduyemi, K., Akunna, J. (2008). Surface and groundwater water quality assessment using multivariate analytical methods: A case study of the Western Niger Delta, Nigeria. Physics and Chemistry of the Earth, 33, 666 – 673
- 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.
- 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.
- WANG, Y. L., Lu, J. Y., Han, G. Z., He, & Wang, T. Y. (2007). Identification of anthropogenic influences on water quality of rivers in Taihu watershed. Journal of Environmental Sciences, 19, 475 – 481.

Capítulo 2

Saneamento básico no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro

Resumo

Os principais responsáveis pela poluição dos cursos d'água no Brasil, segundo o Relatório Nacional de Acompanhamento do Brasil nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM, 2010) são a falta de soluções adequadas para a coleta e o baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos, devido à falta de saneamento básico adequado. Saneamento básico, segundo a Política Nacional de Saneamento Básico (2007), é o conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida dos meios urbano e rural, compreendendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de águas pluviais e o manejo de resíduos sólidos. A falta de cuidado com a água no meio rural reflete nas áreas urbanas, pois é no meio rural onde se concentram a maioria das nascentes e onde a água é captada para o abastecimento urbano. Portanto, é necessário o desenvolvimento de políticas públicas que incentivem e estimulem o cuidado com as águas no meio rural. Este estudo abrange todas as comunidades rurais localizadas ao redor do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, onde nascem afluentes de rios importantes como o Doce e o Paraíba do Sul. Foram realizadas 123 entrevistas, compreendendo 15% do total de famílias residentes nessas comunidades. Os resultados apontam que 92% dos entrevistados não possuem rede de abastecimento de água, o que pode representar riscos à saúde e ao ambiente, pois muitas vezes a captação é feita de forma insalubre e sem observar a capacidade de abastecimento. Quanto ao uso de serviços de esgotamento sanitário, 62% dos entrevistados utilizam soluções inadequadas. Os índices de acesso à rede coletora de esgoto doméstico nas comunidades estudadas (4%) se aproximam da realidade da zona rural brasileira (5%), o que indica a necessidade de superação de entraves tecnológicos e adequação de tecnologias adaptadas ao meio rural. De acordo com a legislação brasileira, a solução ideal para o destino de resíduos sólidos é a coleta direta pelo poder público. Entre os entrevistados, apenas 5% têm acesso a esse tipo de serviço. A maioria dos entrevistados usa atear fogo para eliminar os resíduos, o que não é uma solução adequada. Uma das principais formas de solucionar os problemas de resíduos sólidos passa por programas de educação ambiental, pois a maior parte do resíduo considerado lixo pode ser reutilizado e, muitas vezes, nem precisa ser gerado. Para sanar os problemas identificados, soluções alternativas, como fossas, filtros e poços podem ser indicadas, uma vez que a baixa densidade populacional e a grande extensão territorial das áreas dificulta o atendimento pelas tecnologias mais utilizadas nos centros urbanos e a reformulação de políticas voltadas para os territórios, como estratégias de desenvolvimento sustentável do meio rural, que devem incluir subsídios para implantação de instrumentos de preservação e educação ambiental.

1. Introdução

Para preservação e garantia de disponibilidade dos recursos ambientais para as gerações futuras, há a necessidade do ser humano conviver de forma harmônica e equilibrada com a natureza. Entretanto, não é o que tem sido observado, pois as atividades humanas têm gerado diversos impactos ambientais. Estes impactos negativos sobre o equilíbrio dos ecossistemas, principalmente no que se refere à disponibilidade de recursos hídricos, precisam ser monitorados (Whatley & Hercowitz, 2008).

Segundo projeções da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2025, dois terços da população mundial – ou 5,5 bilhões de pessoas – viverão em locais que sofrem com algum tipo de problema relacionado à água. Muitas pessoas morrem a cada ano, vítimas de doenças associadas à falta de água ou más condições sanitárias. Até 2050, os saldos deficitários de recursos hídricos serão graves pelo menos em 60 países (BIO, 2001).

A água, além de indispensável à vida, é necessária a múltiplos usos, como irrigação, abastecimento humano, geração de energia, criação de animais, fins industriais, recreação e pesca, harmonia paisagística, receptação de efluentes domésticos e industriais, e por isso, deve ser preservada (Von Sperling, 2005). Do total de água consumida no Brasil, 43% são para uso domiciliar, 40% para a agricultura e 17% para indústria (SEMADS, 2001). Boa parte dessa água encontra-se poluída.

Os principais responsáveis pela poluição dos recursos hídricos no Brasil, segundo o Relatório Nacional de Acompanhamento do Brasil nos Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM, 2010), são a falta de soluções adequadas para a coleta e o baixo índice de tratamento dos esgotos domésticos, devido à falta de saneamento básico adequado. Saneamento básico, segundo a Política Nacional de Saneamento Básico (2007), é o conjunto de ações com o objetivo de alcançar níveis crescentes de salubridade ambiental, nas condições que maximizem a promoção e a melhoria das condições de vida dos meios urbano e rural, compreendendo o abastecimento de água, o esgotamento sanitário, o manejo de águas pluviais e o manejo de resíduos sólidos.

A agricultura, por sua vez, nem sempre conserva os recursos hídricos de forma adequada. O modelo de agricultura vigente tem causado vários impactos no ambiente de forma geral, e na água em particular, como a contaminação do solo e água por materiais tóxicos, supressão de matas e nascentes, o que diminui as áreas de recarga, a compactação do solo e aumenta o escoamento superficial. Este modelo de agricultura, entretanto, está fortemente relacionado à indústria produtora dos insumos agrícolas, como os agrotóxicos. Assim, parte da responsabilidade em impactar o meio ambiente, deve ser imputada à indústria produtora dos insumos. No meio rural, além dos impactos causados pelas práticas agrícolas, também são expressivos os problemas de acesso ao saneamento básico (FUNASA, 2012).

A falta de cuidado com a água no meio rural reflete nas áreas urbanas, pois é no meio rural onde se concentram a maioria das nascentes e onde a água é captada para o abastecimento urbano. Portanto, é preciso políticas públicas que incentivem e estimulem o cuidado com as águas no meio rural (CISAM, 2006).

Uma das formas de fazer isto tem sido a criação de unidades de conservação, que está entre as estratégias brasileiras para proteger seus biomas e sua biodiversidade (ODM, 2010), pois normalmente nessas unidades estão localizadas as principais nascentes. Segundo o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), essas áreas abrangem 1,5% das águas jurisdicionais brasileiras (SNUC, 2009). Mas não basta apenas a existência de áreas de preservação, se logo após suas fronteiras as águas são contaminadas. É preciso que nas comunidades localizadas nas zonas de amortecimento das unidades de conservação a água seja também preservada.

O Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), localizado na Zona da Mata Mineira, é o divisor de águas entre duas das mais importantes bacias hidrográficas do sudeste brasileiro, a bacia do rio Doce e a bacia do rio Paraíba do Sul (GJORUP, 1998). Nascem no parque importantes afluentes destes dois rios que abastecem cidades importantes como Governador Valadares, Juiz de Fora, Linhares e Rio de Janeiro. Por esta e outras razões, a área do parque é considerada uma das 76 prioritárias para a conservação da biodiversidade no Estado de Minas Gerais, sendo classificada na categoria de Importância Biológica Alta (DRUMMOND et al., 2005).

Este capítulo tem como objetivo analisar as condições do saneamento básico nas comunidades rurais em torno do PESB. Especificamente, objetiva-se analisar a situação do abastecimento de água nas residências em torno do PESB; a situação do esgotamento sanitário dessas residências; e o destino dos resíduos sólidos dessas comunidades.

2. Material e métodos

Na porção norte da Zona da Mata Mineira, em uma cadeia montanhosa (sentido norte-sul) com relevo fortemente acidentado, localiza-se o território da Serra do Brigadeiro, formado por nove municípios (Araponga, Divino, Ervália, Muriaé, Fervedouro, Miradouro, Pedra Bonita, Rosário de Limeira e Sericita). Estes municípios encontram-se no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB). O território possui área total de 2.944 Km² (8,4% da superfície da Zona da Mata), e foi constituído no ano de 2003 a partir da criação do Programa Nacional de Desenvolvimento Sustentável de Territórios Rurais-PRONAT/MDA, fomentado pela Secretaria de Desenvolvimento Territorial - SDT do Ministério do Desenvolvimento Agrário - MDA.

O PESB preserva espécies importantes da flora e fauna. Dentre elas, está o maior macaco das Américas, o miqui (Brachyteles hypoxanthus), uma das espécies de animal ameaçada de extinção (Strier, 1992) e que tem sido objeto de estudos desenvolvidos por projetos ligados a várias instituições. Dentre estes encontram-se as pesquisas desenvolvidas pelo projeto “Serra do Brigadeiro: montanhas dos miquis” realizado em parceria entre o Instituto Estadual de Florestas de Minas Gerais e o Centro de Estudos Ecológicos e Educação Ambiental que realizou estudo amplo sobre as comunidades no entorno do PESB, com o objetivo de promover a efetiva conservação dos miquis na Serra do Brigadeiro, integrando e sensibilizando a comunidade do entorno do PESB à realidade ambiental local. Dentre as informações obtidas encontram-se dados sobre a situação dos corpos hídricos e estruturas

de saneamento básico das comunidades¹ limítrofes do PESB. Estes dados não foram propriamente analisados, estando apenas na forma de relatório e, portanto serão aqui apresentados, com autorização da equipe do projeto “Serra do Brigadeiro: montanhas dos muriquis”.

Os dados foram obtidos por entrevistas semi estruturadas (Anexo 1), buscando contemplar os perfis mais variados possíveis. As famílias entrevistadas foram selecionadas de forma aleatória, considerando todo o entorno do PESB na faixa de aproximadamente 2 km dos seus limites, abrangendo parte dos nove municípios do seu entorno.

Para a seleção das famílias utilizou-se uma imagem de satélite IKONOS de 2005, identificando e numerando sequencialmente todas as moradias compreendidas na área amostral delimitada, admitindo que cada telhado identificado na imagem de satélite é uma residência. A partir disso, todos os telhados foram georeferenciados e identificados como um ponto e um número, sendo detectadas 905 famílias.

Após essa numeração realizou-se a aleatorização, utilizando a ferramenta do programa Excel denominada Rand, sorteando 130 famílias entre as 35 comunidades distribuídas ao longo das oito cidades que compõem o parque. Foram incluídas mais dez famílias nessa amostra, devido às margens de erro provenientes da imagem IKONOS, como a existência de regiões na imagem onde não foi possível obter informações acerca das casas, falha esta que se concentra no norte do PESB, em uma pequena região de Pedra Bonita; presença de nuvens na imagem impossibilitando a identificação visual das casas., falha que se concentra no extremo norte do PESB, na região de Pedra Bonita e no noroeste do PESB em Sericita, mas também pode ser observada em Araponga e Ervália; dificuldade de identificação visual das casas, já que é uma atividade que depende do conhecimento local do analista.

São conhecidas 31 comunidades no entorno do PESB, sendo elas: Barbacena, Sovaco, Bom Fim, Picote, Madeira, Boa Esperança, Cabeceira de Santana, Matipó Grande, Molhado, Botafogo, Carangolinha, São José, Renego, Ararica, Mutuca, Jacutinga, Estouro, Rochedo, Boné, Lagoa, Graminha, Cabeceira do Rio Casca, Ventania, Córrego da Paixão, Dom Viçoso, Cabeceira do Pai Inácio, Cabeceira do Alegre, Pedra do Ouro, Serrania, São Domingos, Grama

Eventualmente, um telhado pode ser classificado como uma casa de família, sendo que na verdade pode ser um estabelecimento comercial ou outra estrutura; e possibilidades de algumas casas não terem sido digitalizadas por omissão do analista ou por falta de visibilidade. Essas dez famílias foram sorteadas nas áreas de pouca visibilidade na imagem IKONOS e em regiões não contempladas no sorteio inicial. Somando essas dez residências às 130 sorteadas, tem-se 140 pontos amostrais, compreendendo 15% da amostra total (905 famílias).

Dos 140 pontos amostrais sorteados, foram realizadas 123 entrevistas nas comunidades ao redor do PESB e, dos resultados, foram utilizados apenas aqueles referentes ao saneamento básico. Portanto, utilizou-se apenas uma pequena parte das informações levantadas nas entrevistas, sendo necessário um estudo mais aprofundado para interpretar as demais informações.

3. Resultados

3.1. Abastecimento de água

A Figura 1 apresenta as condições de abastecimento de água das comunidades limítrofes do PESB. As fontes de abastecimento de água identificadas foram nascentes (ou minas), riachos (ou córregos), rede de distribuição de água tratada, poço e cisterna.

Do total de 123 famílias entrevistadas, apenas a comunidade de Pedra Bonita, aproximadamente 5%, recebe água tratada através da rede de distribuição. Outros 91% dos entrevistados adotam fontes alternativas de abastecimento de água, como captação em nascentes, riachos, poços e cisternas, muitas vezes captando águas em locais inadequados e em condições insalubres. Uma das famílias (1%) não possui água em casa tendo que ir buscar em uma nascente a alguns quilômetros de distância e os outros 3% não foi possível obter essa informação.

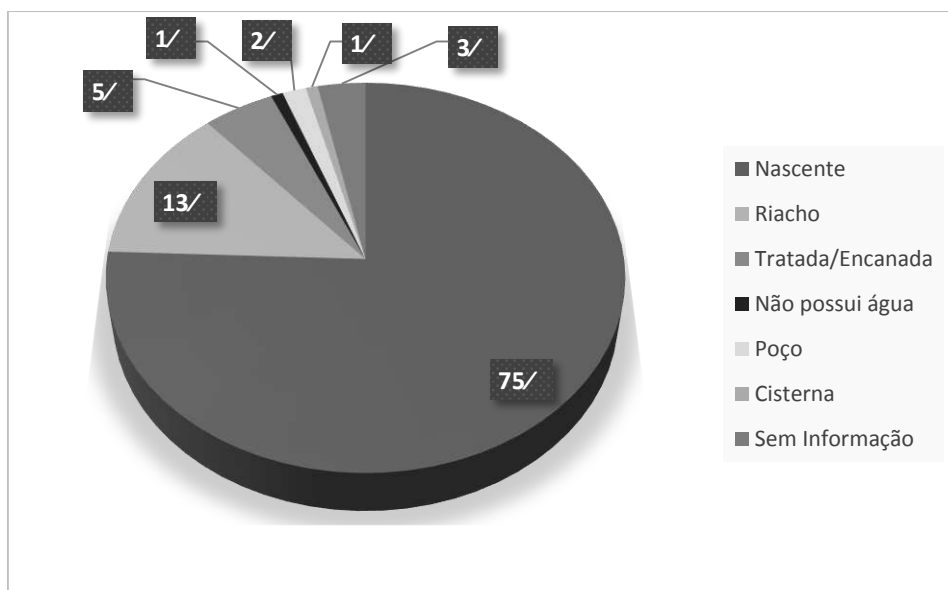


Figura 1: Condições de abastecimento de água das comunidades limítrofes do PESB.

3.2. Esgotamento sanitário

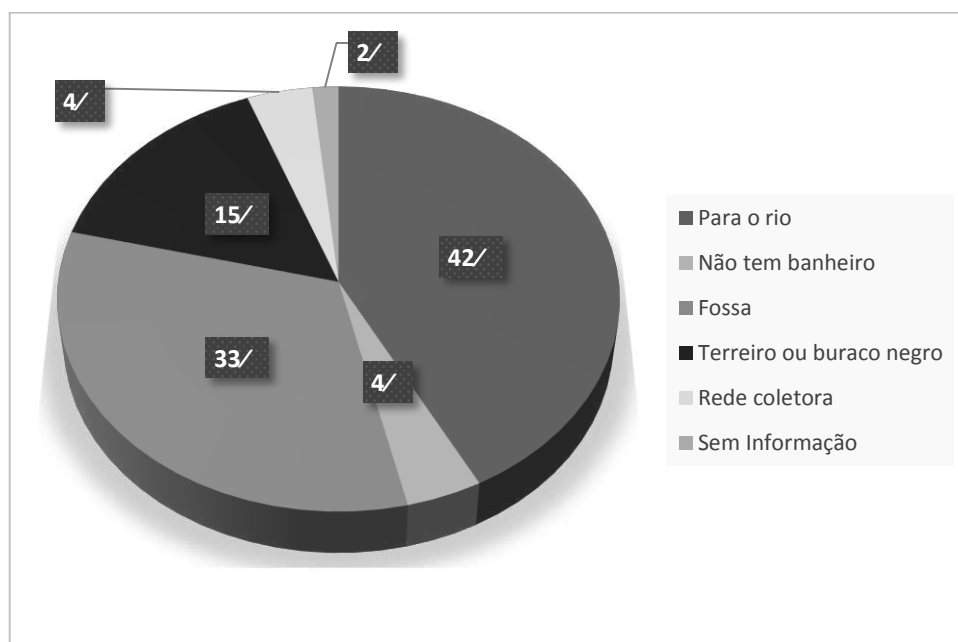


Figura 2: Condições de instalações sanitárias das comunidades limítrofes do PESB.

Quanto ao esgotamento sanitário (Figura 2), 4% dos domicílios são atendidos por rede coletora, 33% possuem fossa e 57% adotam outras soluções como fossas rudimentares (15%), despejo in natura (42%), a maioria delas inadequadas pelos padrões sanitários. Ainda são

identificados casos em que as residências não possuem nenhuma estrutura ou instalação sanitária (4/), utilizando os arredores da casa para fazer e depositar as fezes e urina e os outros 2/ não forneceram essa informação durante as entrevistas.

3.3. Resíduos sólidos

O resíduo orgânico é utilizado para a alimentação animal ou como matéria orgânica. Como matéria orgânica, o resíduo é jogado livremente no solo ou processado através de compostagem, e utilizado como adubo na lavoura.

Boa parte do resíduo inorgânico é reaproveitável, como garrafas pets para armazenar sementes, latas são vendidas para reciclagem, vidros para reuso na cozinha e papel para acender fogo. Nestas comunidades, a maior quantidade de resíduo sólido não utilizado, e portanto, podendo ser considerado lixo, é o plástico.

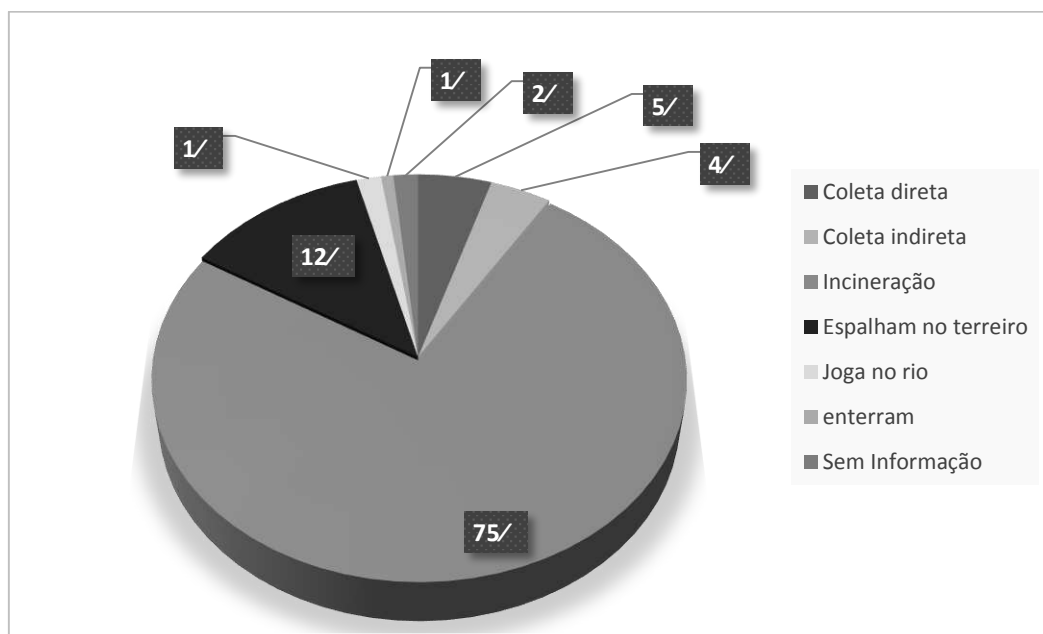


Figura 3: Resíduos sólidos das comunidades limítrofes do PESB.

Apenas 5% das residências estudadas são atendidas por coleta direta (Figura 3), índice muito próximo a coleta indireta, que somou 4% , sendo utilizada quando as famílias levam o lixo até os pontos de coleta nos centros urbanos. A maioria das comunidades apresentam soluções individuais, classificadas como outras soluções, que somam um total de 89% dos entrevistados e 2% dos entrevistados não responderam essa pergunta. Dentre as práticas classificadas como outras soluções, a mais usada é atear fogo no lixo, utilizada por 75% dos entrevistados, 12% deixam o lixo espalhado no terreiro e 2% enterram ou jogam o lixo no rio.

4. Discussão

O Brasil tem muito a melhorar com os compromissos de universalizar os serviços de saneamento básico. Os desafios para alcançar as metas de universalização desses serviços são muitos, alguns avanços já foram conquistados, recentemente o Brasil aprovou a política nacional de saneamento básico, com seus instrumentos e um plano nacional de saneamento básico, com metas e prazos a serem cumpridos (Brasil, 2007). Entretanto, para que as projeções de alcance da universalização sejam alcançadas será necessária uma mudança de postura, a mobilização das três esferas de governo (Federal, Estadual e Municipal) e de todas as camadas sociais para atender os objetivos de universalização, ou seja, 100% da demanda desses serviços, além de maiores investimentos no setor (Galvão Junior, 2009).

4.1. Abastecimento de água

O uso de água não tratada, oriunda de fontes alternativas de abastecimento de água como captação em minas, nascentes, riachos, córregos, poços e cisternas, como ocorre com a maioria da população (92% , Figura 1) em torno do PESB, pode representar riscos à saúde, principalmente das crianças, além de representar riscos ao meio ambiente, pois muitas vezes a água é captada em locais inadequados e em condições insalubres sem observar a capacidade de abastecimento e a forma de captação (CETESB, 2006).

Para efetiva proteção dos mananciais e garantia de condições adequadas para captação de água de abastecimento é recomendado o isolamento das nascentes e leito dos rios, evitando o acesso de animais, principalmente gado, que compacta o solo, destrói a vegetação ciliar e contamina a água com fezes (Carneiro et al.; 2009). Para que tais ações sejam efetivadas, se faz necessário o desenvolvimento de trabalhos de educação ambiental com a população local, pesquisas visando buscar melhores soluções para os problemas relacionados às práticas agrícolas e à preservação do meio ambiente, implementação de políticas públicas que busquem o desenvolvimento sustentável das áreas rurais (Arroyo et al., 2004); também são necessários subsídios financeiros para o isolamento de nascentes e construção de bebedouros, que são ações extremamente importantes para a solução do problema .

A atual condição de abastecimento de água das comunidades estudadas é crítica ao se analisar o número de domicílios conectados à rede de distribuição (5 / , Figura 1), valor sete vezes menor que da zona rural brasileira (32/) e que é considerado muito abaixo do ideal (IBGE, 2009).

Entretanto, dizer que está conectado à rede de abastecimento não significa que a condição ideal foi alcançada, pois mesmo que as residências estejam conectadas à rede de distribuição não há garantia de frequência do serviço e qualidade da água (Siani & Junior, 2010)

Para a solução do problema relacionado ao abastecimento de água no meio rural, é preciso a superação de entraves tecnológicos, pois o modelo vigente, que utiliza de uma estação de tratamento de água coletiva e uma complexa rede de distribuição, não são compatíveis com a baixa densidade demográfica das zonas rurais e aos grandes distanciamentos entre as propriedades. Isto dificulta a extensão das redes de distribuição para esses pontos. As soluções alternativas, consideradas como tecnologias sociais, podem contribuir para a solução dos problemas. Estas tecnologias simplificadas e de uso individual, muitas vezes são viáveis técnica e economicamente e, portanto, compatíveis com a realidade rural (Galvão Junior, 2009).

4.2. Esgotamento sanitário

A solução ideal para o esgotamento doméstico do ponto de vista sanitário é a captação por redes coletoras. Porém, as condições reais de esgotamento sanitário são superestimadas, uma vez que a existência de redes coletoras não indica existir tratamento para todo esgoto coletado. Apenas 5,7% dos domicílios da zona rural brasileira estão ligados à rede de coleta de esgoto, o que está muito próximo das comunidades estudadas (4%, Figura 2). Essas condições precárias apontam para a necessidade de soluções individuais, mais adaptadas ao meio rural (Peterson et al., 2007)

A solução alternativa mais encontrada é a fossa séptica (33%, Figura 2), 14 pontos percentuais abaixo do número de fossas encontradas no Brasil (47%) em 2009 (IBGE, 2009). Apesar de ser considerada adequada do ponto de vista sanitário, a fossa séptica deve ser utilizada de forma correta, com limpezas quando necessário, e deve estar localizada distante de poços, rios, lençol freático e residência (Siani & Junior, 2010).

A maior parte dos entrevistados (62%, Figura 2), utiliza soluções inadequadas, como fossas rudimentares e despejo *in natura*, contaminando o solo, as águas superficiais e subterrâneas com organismos patogênicos, e atraindo vetores de doenças, o que representa riscos à saúde tanto da população rural quanto urbana, além de representar prejuízos econômicos. O investimento em saneamento representa investimento em saúde e economia de recursos, pois segundo dados divulgados pelo Ministério das Cidades para cada R\$1,00 (um real) investido no setor de saneamento, economizam-se R\$ 4,00 (quatro reais) na área de medicina curativa (Brasil, 2004).

Os baixos índices de coleta de esgoto no Brasil, tanto na zona rural (5,7%) quanto urbana (60,8%), quando comparados aos índices de abastecimento de água, que estão próximos à universalização, ocorrem devido aos investimentos no setor de abastecimento terem sido privilegiado em relação ao de esgotamento sanitário. Em um primeiro momento, segundo dados do Ministério das Cidades (2004), esse privilégio ocorreu devido à limitação de recursos financeiros das empresas públicas de saneamento básico que investiram em abastecimento de água. Em um segundo momento, os municípios tiveram acesso ao

financiamento do PLANASA para a ampliação desses serviços aos locais mais necessitados. Neste caso, o PLANASA ampliou quantitativamente o acesso aos dois serviços, mas estava orientado a investir prioritariamente nas regiões urbanas e nos serviços mais rentáveis, não beneficiando as regiões mais deficitárias que não poderiam assumir os custos da política tarifária, principalmente no caso da rede de coleta de esgoto (Oliveira Filho, 2006). Somente recentemente, o tratamento de esgoto tem recebido estímulos do Governo Federal (PLANSAB, 2008).

Assim como para o abastecimento de água, há também entraves tecnológicos para o tratamento correto dos esgotos. As tecnologias sociais como banheiros secos, fossas evapotranspiradoras e fossas biodigestoras da EMBRAPA, devem ser consideradas dentre as possíveis soluções para os problemas. Segundo Siani & Junior (2010), essas soluções individuais muitas vezes são viáveis técnica e economicamente e, portanto, compatíveis com a realidade rural, mas também podem e devem ser incentivadas a partir da educação ambiental e subsídios financeiros.

4.3. Resíduos Sólidos

A solução adequada para os resíduos sólidos, de acordo com a legislação brasileira, é a coleta direta. Nas comunidades estudadas, os índices encontrados para coleta direta (5/ , Figura 3) e indireta (4/ , Figura 3) de resíduos sólidos estão muito abaixo do índice das regiões rurais brasileiras (26,3/). A falta de cuidado com vias de acesso às comunidades rurais também é um problema que dificulta a coleta, o que demonstra o descaso com as áreas rurais no Brasil.

Dessa forma, a grande maioria (89/ , Figura 3) adota outras soluções que muitas vezes não são adequadas, dentre elas queimar, espalhar no terreiro, jogar nos rios e enterrar. Essas soluções podem causar danos à biodiversidade, contaminando fauna, solo e água. Há que se considerar que grande parte dos problemas com resíduos sólidos, tanto na zona rural quanto urbana, podem ser evitados através de ações preventivas, como o uso de sacolas reutilizáveis,

embalagens retornáveis e consumo consciente. Tudo isto pode ser estimulado por programas de educação ambiental que podem também orientar sobre as melhores soluções alternativas para os resíduos. Dentre as soluções alternativas utilizadas pelos entrevistados, a queima do lixo é a mais indicada, por causar menos prejuízos à saúde e ao ambiente que as demais (Custódia et al., 2012).

A coleta de resíduos sólidos também não significa solução total para o problema, pois realizar a coleta não significa que o lixo terá destino correto, já que os resíduos podem ser depositados em lixões a céu aberto. O destino mais adequado para os resíduos sólidos seria a coleta seletiva e a reciclagem. O que não é reciclável deveria ir para o aterro sanitário. Estas são soluções ainda muito restritas no Brasil.

A questão da educação ambiental é extremamente importante, pois boa parte do resíduo considerado lixo pode ser reutilizado na própria residência. No momento de consumo deve ser dada prioridade a materiais passíveis de reuso, gerando menos lixo a ser coletado e, portanto, minimizando os problemas dos resíduos sólidos.

5. Considerações finais

Os dados relacionados ao abastecimento de água, rede de coleta de esgoto e coleta direta de resíduos sólidos, que são as soluções prioritárias para o serviço de saneamento básico, demonstram que na região do território da Serra do Brigadeiro, estes serviços não estão universalizados.

As soluções encontradas pelas comunidades para lidar com a questão do saneamento são, muitas vezes, precárias.

Portanto, pode-se concluir que as condições de saneamento básico não são adequadas no entorno do parque. Isto, possivelmente, está prejudicando os afluentes dos rios Doce e Paraíba do Sul que nascem na Serra do Brigadeiro. Para sanar estes problemas, soluções alternativas, como fossas, filtros e poços podem ser indicadas, uma vez que a baixa densidade populacional e a grande extensão territorial das áreas dificulta o atendimento

pelas tecnologias mais utilizadas nos centros urbanos, como redes de distribuição e coleta, e grandes estações de tratamento. Portanto, as políticas públicas, como aquelas voltadas para o território, devem atentar para tal, o que exige acompanhamento técnico adequado.

As políticas voltadas para os territórios, como estratégias de desenvolvimento sustentável do meio rural, devem incluir subsídios para implantação de instrumentos de preservação e educação ambiental entendendo a população do campo como protagonista das políticas e não como usuária, buscando preconizar novas relações entre as pessoas e a natureza, e dessa forma criar um espaço de convivência social que integre a sustentabilidade ambiental, agrícola, agrária, econômica, social, política e cultural.

6. Referências bibliográficas

- ARROYO, M. G.; CALDART, R. S.; CASTAGNA, M. (organizadores). FERNANDES, B. M.; CERIOLI; P. R.; CALDART, R. S. Primeira Conferência Nacional “Por Uma Educação Básica do Campo”, 2004.
- BIO: Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente. Economia de água. Rio de Janeiro, RJ, v.11, n. 18, abr./jun. 2001;
- BRASIL. Lei Federal n. 11.445, de 5 de janeiro de 2007: Política Nacional de Saneamento Básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L11445.htm. Acesso em 02/06/2013.
- BRASIL. Resolução Recomendada N° 62, de 3 de Dezembro de 2008: Plano Nacional de Saneamento Básico – PLANSAB. Disponível em: <http://www.cidades.gov.br/plansab>. Acesso em 05/06/2013
- Brasil. O financiamento do saneamento básico em 2003/2004: piloto de uma nova abordagem para o investimento público no Brasil. Brasília: Ministério das Cidades, dez. 2004. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br>>. Acesso em: 01/10/3013.
- CISAN. Conselho Intermunicipal de Saneamento Ambiental. Manual de Saneamento Rural. 2006;
- CETESB. Gestão da água. O problema da escassez de água no mundo. São Paulo, 2006 Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Agua/rios/gesta_escassez.asp. Acesso em: 28 de Nov. 2013.
- 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, 2009.
- CUSTÓDIA, D; Bernardo, D; Rodrigues J. Resíduos em Zona Rural: O Que É Menos Prejudicial Ao Meio Ambiente, Queimar Ou Enterrar?. Grupo de Pesquisas e Ações “Educação Ambiental: das nossas casas para o mundo” Centro Universitário de Caratinga – UNEC - Artigo N° 6, 2012.
- DRUMMOND, G. M.; Martins, C. S.; Machado, A. B. M.; Sebaio, F. A. & Yasmine A. 2005. Biodiversidade em Minas Gerais: um atlas para sua conservação. 2. ed. Belo Horizonte: Fundação Biodiversas, 222p.

- FUNASA. Fundação Nacional de Saúde. Saneamento Rural. Brasília: FUNASA, 2012 Disponível em <http://www.funasa.gov.br/site>. Acessado 02/08/2013.
- GALVÃO JUNIOR, A. C. Desafios para universalização dos Serviços de água e esgoto no Brasil. Rev Panam Salud Publica, 2009.
- GJORUP, Guilherme Barcellos. Planejamento Participativo de uma unidade de conservação e do seu entorno: o caso do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Tese de Doutorado. Viçosa: UFV, 1998.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios: 2009. Rio de Janeiro: IBGE; 2009 Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/trabalhoerendimento;pnad2009.htm>. Acesso em 16/08/2013.
- ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio. Relatório Nacional de Acompanhamento. Brasília: Ipea, 2010.
- OLIVEIRA FILHO, A. Institucionalização e desafios da Política Nacional de Saneamento: um balanço prévio. Saneamento e Municípios, Brasília, Assemae, 2006.
- PETERSON, C.; Mara, D.; Curtis, T. Pro-poor sanitation technologies. Geoforum, 2007
- SEMADS. Secretaria de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável do Rio de Janeiro. Ambiente da Água no Estado do Rio de Janeiro, 2001, 230p;
- SNUC. Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. Brasil, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9985.htm. Acesso em 09/12/2013.
- STRIER, K. B. (org). Faces in the forest: the endangered miqui monkey of Brazil. New York: Oxford University Press, 1992.
- SIANI, C. C. S.; Junior, R. T. Evolução do acesso a serviços de saneamento básico no Brasil (1970 a 2004). Economia e Sociedade, Campinas, v. 19, n. 1 (38), p. 79-106, abr. 2010.
- VON SPERLING, M. Introdução à Qualidade das Águas e ao Tratamento de Esgotos: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias. vol. Belo Horizonte: DESA-UFMG, 452p. 2005;
- WHATLEY, M.; Hercowitz, M. Serviços ambientais : conhecer, Valorizar e cuidar : subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo. São Paulo : Instituto Socioambiental, 2008.

Capítulo 3

Manejo do Solo e Qualidade da Água

RESUMO

A dinâmica da água em uma bacia hidrográfica é reflexo tanto dos fatores naturais quanto das interferências antropogênicas, como atividades agrícolas, urbanas e industriais. Dentre as atividades agrícolas, o tipo de uso e ocupação das terras, com destaque para a cobertura vegetal, exercem influência significativa sobre as taxas de erosão, infiltração da água no solo, deflúvio superficial e subsuperficial, armazenamento e recarga de aquíferos e nascentes, modificando, dessa forma, o regime de vazões dos rios e, conseqüentemente, a qualidade da água. Após anos de transição agroecológica, agricultores familiares da Zona da Mata de Minas Gerais observaram, entre outros benefícios, melhorias na disponibilidade e qualidade da água. Buscando verificar tais melhorias esse estudo foi conduzido na bacia hidrográfica do rio São Joaquim, localizado em Araponga-MG. Foram determinados índices de qualidade da água, segundo metodologia sugerida pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), na microbacia do rio São Joaquim e em microbacias sob influência do manejo convencional e agroecológico; e verificada a capacidade de resiliência dos sistemas de manejo às alterações de qualidade da água nos períodos de chuva; também foi sugerida uma classe de enquadramento do rio São Joaquim segundo a resolução Conama nº 357 (2005), utilizando-a como base de comparação dos resultados das variáveis físico-químicas de qualidade da água obtidas. Os resultados de IQA encontrados para a bacia do rio São Joaquim a classificam na classe “aceitável”, assim como as microbacias convencionais. Isto significa estado de “alerta”, sendo necessário controlar o processo de degradação da água nessa bacia, o que pode ser feito através do manejo agroecológico, uma vez que as microbacias sob influência desse manejo foram classificadas na categoria “boa”, indicando que contribuíram para recuperação e conservação da qualidade da água. Foi identificado que a maioria dos problemas das águas na bacia está associado à erosão hídrica, que é influenciada, entre outros fatores, pelo grau de cobertura vegetal no solo que, quando ausente, favorece o aporte de nutrientes, sedimentos, matéria orgânica e microrganismos para o leito do rio. A transição agroecológica, já em curso por algumas famílias na bacia hidrográfica, deve ser incentivada para recuperar a qualidade da água da bacia do rio São Joaquim.

1. Introdução

A bacia hidrográfica é a unidade territorial de planejamento e monitoramento dos recursos hídricos, caracterizada pela área de drenagem adjacente a um curso de água (Brasil, 1997). A dinâmica da água em uma bacia hidrográfica é reflexo, tanto dos fatores naturais como geologia, tamanho e formas das bacias de drenagem, tipos e manejo de solo, condições climáticas, erosão quanto das interferências antropogênicas, como atividades agrícolas, urbanas e industriais (Vega et al., 1998; Toledo, 2002; Mendiguchía et al., 2004; Singh et al., 2004).

O monitoramento e a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas são fatores primordiais para a gestão adequada dos recursos hídricos. Esses procedimentos permitem a caracterização e a análise de tendências em bacias hidrográficas, sendo essenciais para várias atividades, como planejamento, outorga, cobrança e enquadramento dos cursos de água (ANA, 2002), estratégias importantes para o manejo sustentável do uso dos recursos hídricos. O manejo dos recursos hídricos, em especial na zona rural, está intrinsecamente relacionado com a agricultura.

Dentre as atividades agrícolas, o tipo de uso e ocupação das terras, com destaque para a cobertura vegetal, exerce influência significativa sobre as taxas de erosão, infiltração da água no solo, deflúvio superficial e subsuperficial, armazenamento e recarga de aquíferos e nascentes, modificando, dessa forma, o regime de vazões dos rios e, conseqüentemente, a qualidade da água (Mckergow, 2003; Carvalho, 2011; Carneiro, 2013). Os poluentes resultantes do deflúvio superficial e subsuperficiais agrícolas são constituídos de sedimentos, nutrientes, agrotóxicos e dejetos de animais (Merten & Minella, 2002). Os agrotóxicos usados na agricultura podem ficar dissolvidos na água e adsorvidos nas partículas dos solos e, através da drenagem em sistemas agrícolas, podem ser carregados pela água até o lençol freático através da infiltração.

Em 1993, o CTA-ZM (Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata), em parceria com a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e o Sindicato de Trabalhadores Rurais (STR) realizaram diagnóstico rural participativo no município de Araponga, quando identificaram o

enfraquecimento e perda dos solos por erosão como uma das principais limitações para o desenvolvimento da agricultura (Cardoso et al., 2001; Duarte, 2008;).

Após este diagnóstico, iniciou-se com alguns agricultores familiares, a transição agroecológica no município, procurando melhorar a qualidade dos solos a partir da diversificação dos agroecossistemas, em especial os sistemas agroflorestais com café e pastagem. Os sistemas desenhados participativamente pelos agricultores permitiram a melhoria da qualidade do solo, principalmente por proporcionar a exploração pelas árvores de diferentes profundidades no perfil do solo, o que contribui para maior eficiência da ciclagem de nutrientes; por melhorar a cobertura e proteção física da superfície do solo, devido aos restos orgânicos depositados; e por aumentar as atividades biológicas edáficas (Duarte, 2007; Cardoso et al., 2010). Alterações na qualidade dos solos levam também a mudanças na dinâmica dos recursos hídricos, uma vez que a maioria dos solos menos erodíveis favorecem a infiltração da água e, conseqüentemente, provocam melhor regulação das vazões entre as épocas de chuva e estiagem (Carneiro, 2013).

Estas alterações foram observadas pelos/as agricultores/as, ao longo de mais de 20 anos de experimentação com sistemas agroflorestais. Dentre as alterações, destacam-se o aumento da quantidade e da qualidade da água nas nascentes e cursos d'água de algumas propriedades, e o reaflorescimento de nascentes que estavam secas (Ferrari et al., 2010; Sousa et al., 2011). Ao contrário, nas propriedades que não adotaram estes sistemas, aqui chamadas de convencionais (com cafezais e pastagens a pleno sol), não se observaram estas mudanças.

As observações dos agricultores foram relatadas durante a sistematização participativa dos sistemas agroflorestais, apontando a necessidade de registrar e avaliar os impactos das práticas de manejo utilizadas pelos agricultores agroecológicos, sobre a melhoria da qualidade do solo, agrobiodiversidade, e quantidade e qualidade dos recursos hídricos (Souza, 2012). Pesquisas científicas já confirmaram alguns desses serviços ambientais prestados pelos agricultores, dentre eles a recuperação e preservação de bacias hidrográficas, levando à maior regularização das vazões entre as épocas de chuva e estiagem (Coelho, 2008; Souza et al., 2010; Duarte et al. 2013; Carneiro, 2013). Contudo, ainda se faz necessário a continuidade de estudos que confirmem melhorias dos sistemas agroecológicos de manejo, principalmente na qualidade da água (Sousa et al., 2012).

Entretanto, os fatores que influenciam as características físico-químicas e biológicas de um rio são diversos, e as interações entre eles são complexas, sendo necessários estudos abrangentes e de longo prazo para registro de uma série histórica consistente de informações que permitam afirmar, com maior garantia, sobre as reais condições ambientais, capacidade de autodepuração, regularidade de vazões e características naturais de qualidade das águas (Trindade, 2013). Por isto, é importante a continuidade das pesquisas com sistemas agroecológicos, para verificar se as tendências de conservação e recuperação de bacias hidrográficas que vêm sendo apontadas por diversos pesquisadores (Ferrari et al., 2010; Sousa et al., 2011; Anjos et al., 2012; Carneiro, 2013; Pinto et al., 2013) se confirmam. Nestes estudos é necessário incluir a qualidade da água, ainda não estudada nas propriedades onde se desenvolveram de forma participativa os sistemas agroflorestais.

Em bacias hidrográficas rurais, além do manejo do solo, o manejo dos efluentes domésticos (incluindo a criação animal) também interfere na qualidade da água. Os efluentes domésticos são constituídos basicamente por contaminantes orgânicos, nutrientes e microrganismos que podem ser patogênicos (Sperling, 1996). No meio rural ainda é usual vislumbrar a utilização de fossas negras, onde o esgoto doméstico entra em contato direto com solo, com possibilidades de contaminação do lençol freático. Assim, há a possibilidade de contaminação dessa população por doenças veiculadas pela urina, fezes e água, como hepatite, cólera, salmonelose e outras (Novaes et al., 2003).

Nas propriedades agroecológicas espera-se maior cuidado com tais efluentes, mas isto ainda não foi estudado nas propriedades agroecológicas de Araponga. Independente do manejo na microbacia hidrográfic acredita-se que a qualidade da água pode variar devido a diferenciações no fluxo da água e efeitos de diluição que ocorrem entre as estações do ano, em especial entre a estação seca (inverno) e a chuvosa (verão).

Na caracterização da qualidade da água, utilizam-se algumas variáveis consideradas como indicadores, e que representem suas características físico-químicas e biológicas. Os índices de qualidade da água (IQA) consistem no emprego de variáveis que se correlacionem com as alterações ocorridas na microbacia, sejam estas de origens antrópicas ou naturais (Toledo & Nicollela, 2002). Inicialmente o IQA foi desenvolvido pela National Sanitation Foundation dos Estados Unidos em 1970 (WQI - Water Quality Index). Posteriormente, a

Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) modificou o índice adequando-o às condições brasileiras (Cetesb, 2010).

O IQA tem sido considerado uma ferramenta de grande valia para classificação das águas superficiais, com base em variáveis limnológicas previamente normalizadas/padronizadas (Pesce e Wunderlin 2000; Swamee e Tyagi 2000; Bordalo et al. 2001; Cude 2001; Nagel 2001; Jonnalagadda e Mhere 2001; Liou et al. 2003; Hernández-Romero et al. 2004; Sánchez et al. 2007). As vantagens do índice são a fácil interpretação dos resultados que trazem informações de um conjunto de variáveis em um único número e unidade de medida, permitindo avaliar a evolução da qualidade das águas superficiais em um mesmo ponto, ou a comparação entre diferentes bacias. Entretanto, possui limitações, e sua principal desvantagem é a perda de informações das variáveis individuais, portanto sendo importante também a avaliação individual de cada variável (Cetesb, 2010).

Este estudo objetivou avaliar a qualidade da água e sua relação com os diferentes usos e ocupação dos solos na bacia hidrográfica do rio São Joaquim, situada na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, onde vários agricultores participaram desde o início da experimentação participativa com sistemas agroflorestais desenvolvida pelo CTA-ZM e parceiros. Especificamente objetivou-se determinar o índice de qualidade da água (IQA) em microbacias influenciadas pelo manejo convencional, agroecológico e mata; analisar individualmente cada indicador de qualidade da água que compõe o IQA, correlacionando com os tipos de manejo do solo identificados; monitorar a precipitação e verificar os efeitos do aumento das chuvas nas variáveis físico-químicas, correlacionando-os com os manejos de solo que influenciam cada ponto amostral; sugerir uma classe de enquadramento do rio São Joaquim segundo a resolução Conama nº 357 (2005), utilizando-a como base de comparação dos resultados das variáveis físico-químicas de qualidade da água obtidas.

2. Material e métodos

2.1. Descrição da área de estudo

Este capítulo tem como objeto de estudo a bacia hidrográfica do rio São Joaquim (Figura 1), situada em Araponga-MG (20°48'S e 42°32'W,) na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, localizado na mesorregião da Zona da Mata Mineira, tendo como vegetação original a floresta estadual semidescidual, localizada no bioma Mata Atlântica que, segundo Myers (2000), é considerada a quinta área com maior biodiversidade e a mais ameaçada do planeta. Dessa forma, é área de interesse para recuperação e preservação desse bioma.

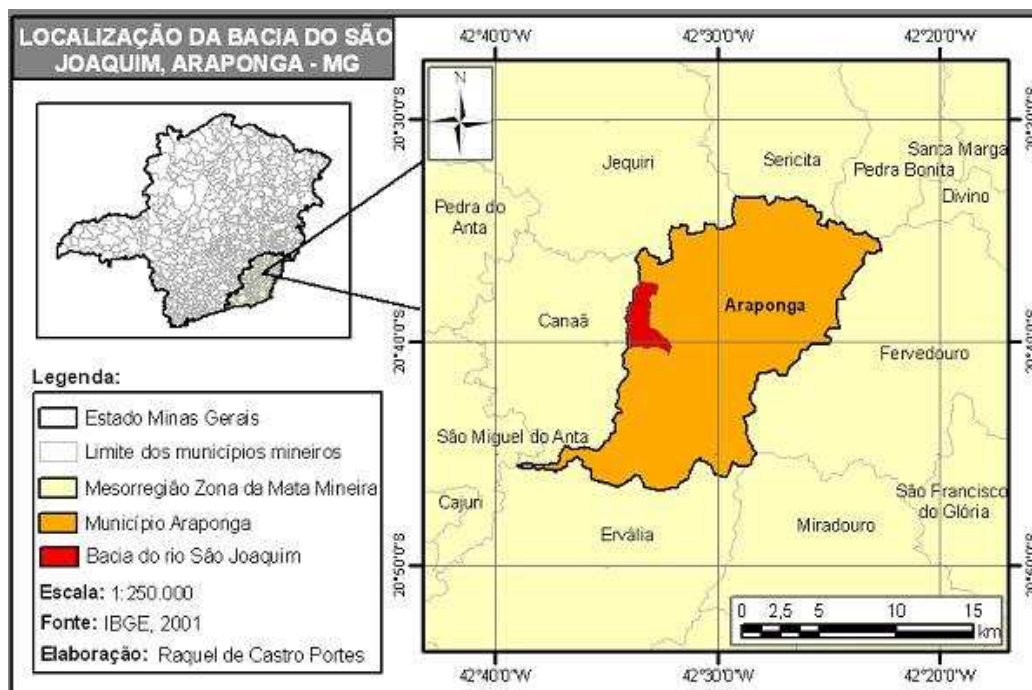


Figura 1 – Localização do município de Araponga-MG e da Bacia do rio São Joaquim (Fonte: Portes, 2010).

A microbacia possui aproximadamente 1.089 hectares, e está localizada no domínio pedobioclimático dos mares de morro (Ab`saber, 1970). A região, segundo Resende (1996), é embasada por rochas gnáissico-graníticas, com o relevo bastante acidentado e, segundo Ker (1995), com a classe de solos predominante sendo os Latossolos, que são solos profundos, intemperizados, com boas condições de drenagem. As características do solo favorecem a formação de muitas nascentes (Freitas et al., 2004). A precipitação varia entre 1200 e 1800 mm por ano com declividade variando entre 20 e 45/ nas encostas (Golfari, 1975).

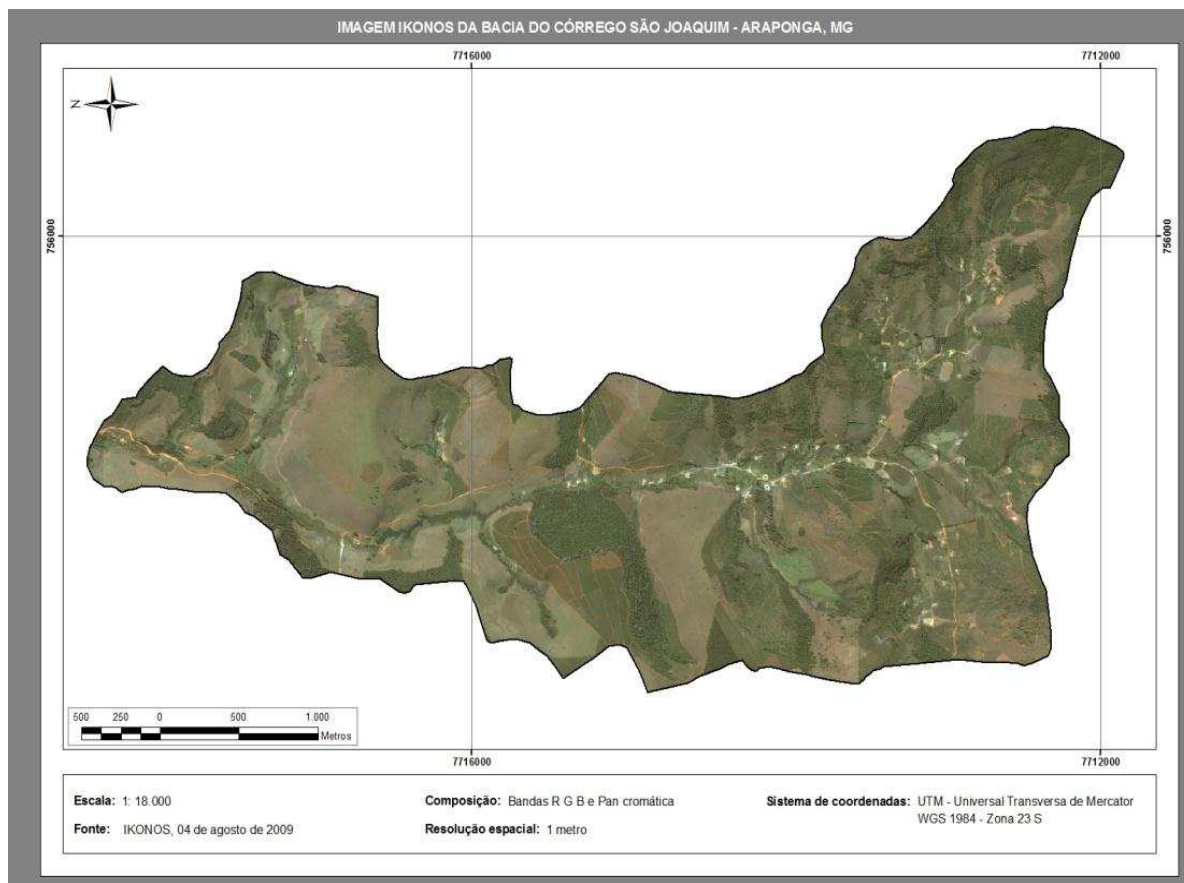


Figura2. Imagem IKONOS da bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG (Fonte: Portes, 2010).

Na bacia hidrográfica em questão foram selecionados seis pontos para monitoramento da qualidade da água, um deles próximo a nascente principal do rio São Joaquim, com maior influência da mata nativa (PN_M), um no exutório da bacia (PE), e os outros quatro pontos localizados na saída de microbacias representativas dos tipos de manejo adotados na bacia e que permitiram avaliar os impactos desses tipos de manejo sobre a qualidade da água. Segundo levantamento realizado pelo Grupo de Pesquisa e Extensão Sobre Água (GTÁgua) do Departamento de Solos da UFV, e sistematizado por Carneiro (2013), dessas quatro microbacias, duas são manejadas com técnicas agroecológicas, aqui chamadas de AG_F e AG_L e as outras duas manejadas de forma convencional, para esse estudo sendo denominadas CN_C e CN_M . As letras subscritas de cada sigla foram escolhidas em homenagem a proprietária de cada uma das microbacias.

Além de distintos usos e ocupação das terras nessas microbacias, também observam-se manejos bem diferentes. Nas microbacias consideradas convencionais é comum o uso de agrotóxicos (pesticidas e herbicidas), o café e a pastagem são cultivados em pleno sol, é comum a capina uma ou duas vezes por ano e, eventualmente, é usado fogo para controle de plantas invasoras. Nas microbacias agroecológicas não se utilizam agrotóxicos; ao invés de capina é realizada a roçada para controlar a vegetação espontânea que serve como cobertura do solo; o café e as pastagens são cultivados em consórcio com árvores (sistemas agroflorestais, SAFs); nas pastagens com árvores (SAFs) é observada a capacidade suporte do sistema, sendo realizada a rotação de animais, para não deixar o solo exposto em nenhuma época do ano.

Tabela 1 – Distribuição do uso do solo nas unidades produtivas, áreas totais e áreas de contribuição para vazão medida (Fonte: Carneiro, 2013).

Uso do Solo	Microbacias			
	AG _F	AG _L	CN _C	CN _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

Em três microbacias (AG_F, CN_C e CN_M) a classe de solo dominante é o Latossolo, e em AG_L predomina Cambissolo (Carneiro, 2013 apud Carvalho, 2011). Os Latossolos são classes de solo bem intemperizados, distróficos e profundos, com grande capacidade de drenagem e armazenamento de água e com baixo teor de nutrientes. Apesar de predominar a classe Latossolo, na microbacia AG_F nota-se a presença de afloramentos rochosos, indicando faixas de solos pouco desenvolvidos, assim como o Cambissolo (solos mais jovens) predominante na microbacia AG_L. Os solos mais jovens pedologicamente são mais rasos, atingindo a saturação em menor tempo e, portanto, mais susceptíveis à ocorrência de escoamento superficial e até sub-superficial. Estes são solos pouco estruturados, rasos e com baixa

capacidade de armazenamento de água, além de serem mais susceptíveis à desagregação por ação da água que os Latossolos.

2.2. Precipitação

A precipitação diária acumulada foi medida utilizando-se pluviômetro manual graduado e estações modelo E1000 Irriplus, durante os meses de janeiro a dezembro de 2013, buscando definir os meses secos e chuvosos, e determinar a precipitação ocorrida no período mais chuvoso em que foi monitorada a qualidade da água.

O pluviômetro graduado, utilizado por uma agricultora para registro das precipitações diárias, ficou localizado próximo a nascente do rio São Joaquim ponto (PN_M). Das estações, uma foi instalada na parte central da bacia do São Joaquim, próxima aos pontos (AG_F, AG_L e CN_M) e a outra instalada próxima aos pontos (CN_C e P_E). Com as médias dos dados das estações e do pluviômetro manual foram feitos os cálculos da precipitação mensal acumulada para bacia.

2.3. Monitoramento de qualidade da água

Visando avaliar a qualidade da água da bacia do rio São Joaquim, realizaram-se quatro coletas de amostras, nos seis pontos (PN_M, AG_L, AG_F, CN_M, CN_C e P_E), nos meses de setembro, outubro, novembro e dezembro de 2013.

As amostras de água para caracterização físico-química foram coletadas mensalmente a partir do início de setembro, antes das primeiras chuvas, representando o final do período seco e nos meses seguintes, sinalizando o período chuvoso. A última coleta foi realizada em dezembro de 2013.

As coletas foram realizadas de acordo com o protocolo analítico da Normalização Técnica da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo – CETESB (1988) e conduzidas aos

Laboratório de Qualidade da Água, do Departamento de Engenharia Civil (DEC) e Laboratório de Matéria Orgânica, do Departamento de Solos (DPS), ambos da Universidade Federal de Viçosa (UFV) onde foram determinadas as nove variáveis que compõem o cálculo do índice de qualidade da água (IQA): oxigênio dissolvido (mg/L), demanda bioquímica de oxigênio (DBO_{5,20} em mg/L), pH, temperatura (°C), fósforo total (mg/L), nitrogênio total (mg/L), sólidos totais (mg/L), turbidez (UNT) e *Escherichia coli* (NMP/100 mL).

As variáveis temperatura e turbidez foram medidas *in loco*, com auxílio de um termômetro com sensibilidade de 0,1 °C e turbidímetro digital da marca Alafakit®; *E. coli* foi determinada através do método Colilert, e as demais análises laboratoriais seguiram a metodologia descrita pela APHA (2005).

Tabela2. Limites permissíveis para variáveis de qualidade da água, adaptado da resolução CONAMA n°357 (2005).

Variável	Classe 1
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	≥ 6
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	≤ 3
Turbidez (UNT)	≤ 40
Coliformes Termotolerantes (NMP/100 mL)	≤ 200
Fósforo Total (mg/L)	≤ 0,1
Nitrogênio Total (mg/L)	≤ 14,3
Sólidos Dissolvidos (mg/L)	≤ 500
pH	6 a 9
T (°C)	Não há

A resolução CONAMA n° 357(2005) que dispõe sobre a classificação de corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento de águas superficiais segundo os usos preponderantes em um rio ou bacia, foi utilizada como base de comparação dos resultados das variáveis ambientais determinadas nesse estudo. Para isso, foi necessário sugerir um enquadramento da bacia hidrográfica do rio São Joaquim. O enquadramento deve ser realizado pelo órgão ambiental competente, no caso o Instituto de Gestão das Águas de Minas Gerais (IGAM). Como a bacia estudada ainda não foi enquadrada em nenhuma classe pelo IGAM, para efeito desta pesquisa, a mesma foi enquadrada na classe 1 da classificação de corpos de água da resolução CONAMA n° 357 (2005) (Brasil, 2005). Nesta classe, estão as

águas utilizadas para irrigação de hortaliças de consumo *in natura*, uso comum na microbacia. A definição da classe de enquadramento é necessária para definir os limites (Tabela 2) permissíveis das variáveis ambientais analisadas e que serão utilizados na discussão dos resultados.

Não foram analisados coliformes termotolerantes, mas a resolução CONAMA 357 (2005) determina que este pode ser substituído pela análise de *E. coli* realizada nesse estudo. Para verificar os limites permissíveis na classe I de enquadramento, *E. Coli* deve ser convertida em coliformes termotolerantes, o que foi feito como sugerido pela CETESB (2010).

2.4. Índice de qualidade da água

Com os resultados das variáveis físico-químicas de qualidade da água foram calculados índices de qualidade da água para todas as amostras coletadas, segundo metodologia proposta pela CETESB (2010). Através da média de todos os 24 IQA's calculados, determinou-se o IQA da bacia hidrográfica do rio São Joaquim. Para cálculo do índice, foram utilizadas curvas médias da variação da qualidade da água em função das concentrações de cada variável do índice e atribuído um peso relativo (W_i) à importância de cada variável, listado na Tabela 3, de acordo com sua importância relativa no cálculo do IQA.

O IQA é calculado pelo produtório ponderado das qualidades de água correspondentes às variáveis, conforme a fórmula desenvolvida pela CETESB (2010):

$$IQA = \prod q_i W_i$$

Onde:

IQA - Índice de qualidade das águas, um número entre zero e 100;

q_i - qualidade da variável, um número entre zero e 100, obtido da respectiva "curva média de variação de qualidade", em função de sua concentração ou medida; e

w_i - peso correspondente a variável.

Tabela 3. Pesos das variáveis necessárias ao cálculo do IQA (CETESB, 2010)

Variáveis	Wi
Oxigênio Dissolvido (∕ OD)	0,17
<i>E. coli</i> (NMP/100 mL)	0,15
pH	0,12
Demanda Bioquímica de Oxigênio (mg/L)	0,10
Fósforo Total (mg/L)	0,10
Temperatura (°C)	0,10
Nitrogênio Total (mg/L)	0,10
Turbidez (UNT)	0,08
Sólidos Totais (mg/L)	0,08

A qualificação sugerida pela CETESB (2010), descrita na Tabela 4, foi utilizada para classificação de qualidade da bacia hidrográfica do rio São Joaquim e como parâmetro de comparação entre os pontos amostrados, buscando inferir os efeitos dos manejos que influenciam cada um dos pontos onde o IQA foi determinado.

Tabela4. Qualificação do IQA (CETESB, 2010).

Valor	Qualificação
80-100	Ótima
52-79	Boa
37-51	Aceitável
20-36	Ruim
0-19	Péssima

2.5. Análises estatísticas

Para analisar os resultados das variáveis ambientais, foram realizados testes estatísticos para verificar se as diferenças encontradas nos resultados, entre os diferentes meses (datas), e entre os pontos de coleta, tinham significância estatística. Utilizou-se o teste de análise de variância (ANOVA). Os testes foram realizados através de ANOVA simples dos dados de duas ou mais amostras. Todos os testes foram realizados com nível de significância de 5% ($\alpha = 0,05$), através do comando ANOVA fator único do software Excel® e quando

apresentaram diferença significativa foi realizado o teste de Duncan ($P < 0,05$) para comparar as médias.

De posse dos 24 IQA's, aplicou-se a análise estatística de regressão múltipla– Análise de Regressão Stepwise, com objetivo de determinar entre as nove variáveis necessárias no cálculo do IQA quais tiveram maior correlação para os resultados encontrados e, dessa forma, identificar os principais grupos e fontes de poluição da bacia hidrográfica do rio São Joaquim.

Utilizou-se o Software GENES® para análise de regressão múltipla. Como variável dependente, selecionou-se o IQA, com nível de tomada de decisão estabelecido como no mínimo 5/ de correlação para entrada de variáveis no modelo de regressão.

3. Resultados

3.1. Precipitação

Os dados de precipitação acumulada de dezembro de 2012 a dezembro de 2013 estão representados na Figura 3. A precipitação acumulada para o ano de 2013 foi de 1232 mm.

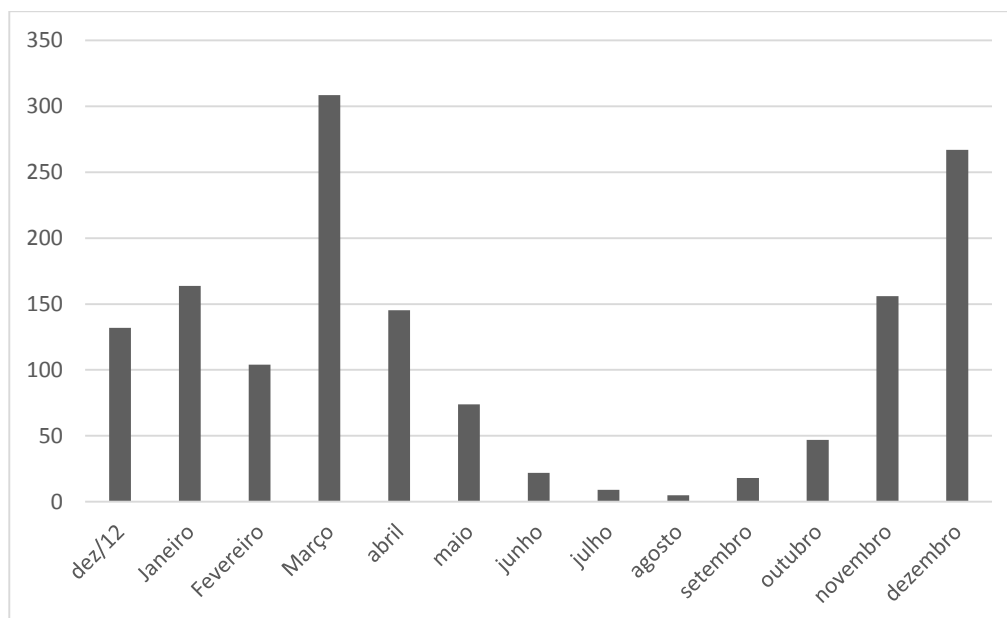


Figura 3 – Precipitação mensal acumulada para o ano de 2013 na Bacia do São Joaquim, Araponga-MG.

O mês de março foi o de maior precipitação do ano, com 308 mm acumulados. Os meses mais secos ocorreram no inverno, com precipitação acumulada de 9mm em julho e 5mm em agosto. As primeiras precipitações da época chuvosa ocorreram a partir de 28 de setembro, com médias acumuladas de 18 (setembro), 47 (outubro), 163 (novembro) e 300 mm (dezembro), meses em que foram determinados os índices de qualidade da água (IQA).

3.2. Oxigênio dissolvido

As concentrações de oxigênio dissolvido em relação a cada um dos pontos amostrados estão apresentadas na Tabela 5. O maior valor de oxigênio dissolvido foi encontrado no ponto AG_F (6,0 mg/L), e o menor valor no ponto CN_M (1,0 mg/L). Para a bacia hidrográfica, a média foi de $3,58 \pm 0,65$ mg/L.

Entre as amostras analisadas, 95,8% não se enquadraram no limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 (2005) para rios de classe um, com exceção de uma amostra coletada no ponto AG_F no mês de dezembro (Tabela 5). Todas as médias, para cada ponto, estão abaixo do limite mínimo de 6 mg/L (Tabela 5), indicando condições de poluição do rio São Joaquim por matéria orgânica. Os pontos que obtiveram médias mais próximas do limite foram AG_F e AG_L, com 4,65 e 3,75 mg/L, respectivamente.

Tabela 5. Oxigênio dissolvido (mg/L), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG

	SET ^(a)	OUT ^(b)	NOV ^(c)	DEZ ^(c)	MÉDIA
P _{NM} ^(A)	4,2	2,2	3,6	2,8	3,20 ± 0,70
AG _L ^(A)	4,0	2,6	3,2	5,2	3,75 ± 0,85
AG _F ^(A)	4,5	2,6	5,4	6,0	4,63 ± 1,08
CN _M ^(A)	3,2	1,0	2,8	4,8	2,95 ± 1,05
CN _C ^(A)	3,6	1,6	2,0	4,8	3,00 ± 1,20
PE ^(A)	5,0	2,4	4,0	4,4	3,95 ± 0,78

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes (P<0,05)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes (P<0,05)

Entre os pontos amostrados não houve diferenças significativas ($F_{5,18}=1,01$, $p < 0,47$). Entretanto, houve diferenças entre as datas de coleta ($F_{3,20}=9,07$, $p < 0,00054$), ocorrendo diminuição da concentração de oxigênio dissolvido do mês de setembro para o mês de outubro, e nos meses seguintes aumento da concentração de oxigênio dissolvido, com os maiores valores sendo verificados no mês de dezembro para maioria dos pontos amostrados.

3.3. Demanda bioquímica de oxigênio

As concentrações de demanda bioquímica de oxigênio em relação a cada um dos pontos amostrados estão apresentadas na Tabela 6. A demanda bioquímica de oxigênio oscilou entre 2,2 e 8,2 mg/L, com média $4,43 \pm 1,34$ mg/L, com destaque para o ponto CN_M que obteve o maior valor médio (6,38 mg/L).

Não foram verificadas diferenças significativas entre os meses de coleta ($F_{3,20}=1,39$, $p < 0,27$), apesar de ter sido observada diminuição nas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio nos meses de maior precipitação. Já entre os pontos de coleta, foram observadas diferenças ($F_{5,18}=7,72$, $p < 0,00049$). Foram encontradas menores concentrações médias nas microbacias com manejo agroecológico em comparação com as de manejo convencional, e foi encontrada menor média no ponto exutório em relação ao ponto da nascente.

Tabela 6. Demanda bioquímica de oxigênio (mg/L), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG.

	SET ^(a)	OUT ^(a)	NOV ^(a)	DEZ ^(a)	MÉDIA
P _{NM} ^(A)	6,3	5,9	4,9	6,2	$5,83 \pm 0,46$
AG _L ^(B)	3,2	3,6	2,2	3,3	$3,08 \pm 0,44$
AG _F ^(B)	5,1	4,2	2,9	2,2	$3,6 \pm 1,05$
CN _M ^(A)	8,2	6,8	5,6	4,9	$6,38 \pm 1,13$
CN _C ^(A)	4,2	3,6	4,1	4,2	$4,03 \pm 0,21$
PE ^(C)	4,8	4,1	2,6	3,2	$3,68 \pm 0,78$

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$)

A demanda bioquímica de oxigênio ficou acima do limite permissível em 83,3 / das amostras analisadas e, quando observadas as médias, todos os pontos se enquadraram acima do limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 (2005) para rios de classe 1 (Tabela 2). Os pontos AGF e AGL, sob influência do manejo agroecológico, apresentaram as menores médias, 3,6 e 3,1 mg/L respectivamente, diferindo dos pontos CNM, CNC e PNM.

3.4. Nitrogênio total

As concentrações de nitrogênio total em relação a cada um dos pontos estão apresentados na Tabela 7. O Nitrogênio total médio na bacia hidrográfica foi de $2,19 \pm 1,21$ mg/L, tendo valores máximos de 5,6 mg/L no ponto PN_M, e mínimos de 0,17 mg/L no ponto AG_F. A razão N:P oscilou entre 0,7:1 (ponto AG_F) e 10,6:1 (ponto PN_M), permanecendo muito abaixo da razão média estabelecida para ecossistemas aquáticos continentais.

Não há um limite definido para nitrogênio total na resolução CONAMA vigente, muito embora o § 3º do artigo 10º para águas doces de classes 1 e 2 estabeleça que o valor do nitrogênio total (após oxidação), quando o nitrogênio for fator limitante para eutrofização, nas condições estabelecidas pelo órgão ambiental competente, não deverá ultrapassar 2,18 mg/L para ambientes lóticos, na vazão de referência.

A resolução estabelece valores máximos de referência para nitrogênio amoniacal (3,7 mg/L), nitrato (10 mg/L) e nitrito (1mg/L) que, somados (14,3 mg/L), representam o limite de nitrogênio total, que não foi ultrapassado por nenhuma das amostras analisadas, muito embora apenas com os resultados de nitrogênio total não seja possível verificar se as concentrações de nitrogênio amoniacal ou de nitrito se enquadraram nos limites estabelecidos.

Não há diferenças significativas para o nitrogênio total entre os pontos amostrados ($F_{5,18}=0,59$, $p < 0,70$); entretanto, a média no ponto exutório (PE) foi uma das maiores, indicando aporte desse nutriente para o rio ao longo da bacia.

Tabela 7. Nitrogênio total (mg/L), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG.

	SET ^(a)	OUT ^(a)	NOV ^(b)	DEZ ^(c)	MÉDIA
P_{NM} ^(A)	1,93	2,63	5,65	0,82	2,76 ± 1,45
AG_L ^(A)	1,23	1,05	4,20	1,40	1,97 ± 1,1
AG_F ^(A)	0,88	0,18	3,15	1,49	1,42 ± 0,9
CN_M ^(A)	1,58	2,45	2,98	1,90	2,23 ± 0,49
CN_C ^(A)	1,40	1,93	3,50	1,30	2,03 ± 0,73
P_E ^(A)	2,45	2,28	3,85	2,29	2,72 ± 0,57

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes (P<0,05)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes (P<0,05)

Foram verificadas diferenças estatísticas quando analisada a variação temporal, ($F_{3,20}=12,84$, $p<0,000066$), ocorrendo aumento da concentração de nitrogênio total com aumento das precipitações nas microbacias convencionais. Já nas microbacias agroecológicas, a oscilação variou, sendo encontradas as maiores concentrações no mês de novembro para todos os pontos.

3.5. Fósforo total

As concentrações de fósforo total em relação a cada um dos pontos estão apresentadas na Tabela 8. O menor valor foi encontrado no ponto AG_F, no mês de outubro, com concentração de 0,24 mg/L, e o maior valor no ponto P_E, no mês de novembro, com concentração de 0,73 mg/L, com média para bacia de $0,43 \pm 0,069$ mg/L.

O limite estabelecido pela resolução CONAMA 357 para rios com caráter lótico é de 0,1 mg/L de fósforo total (Tabela 2). Todos os pontos amostrados nesse estudo obtiveram médias acima do limite estabelecido, com exceção de uma amostra coletada no mês de dezembro, no ponto AG_F, que se enquadrou no limite.

Não há diferenças significativas para o fósforo total entre os pontos amostrados ($F_{5,18}=0,73$, $p<0,60$); entretanto, houve diferenças entre os meses de coleta ($F_{3,20}=19,65$, $p<$

0,0000035), ocorrendo maiores concentrações de fósforo total no mês de novembro, para todos os pontos.

Tabela 8. Fósforo total (mg/L), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG.

	SET ^(a)	OUT ^(b)	NOV ^(c)	DEZ ^(d)	MÉDIA
P_{NM}^(A)	0,43	0,31	0,53	0,33	0,40 ± 0,08
AG_L^(A)	0,45	0,26	0,61	0,32	0,41 ± 0,12
AG_F^(A)	0,36	0,24	0,66	0,07	0,33 ± 0,18
CN_M^(A)	0,49	0,37	0,63	0,36	0,46 ± 0,10
CN_C^(A)	0,50	0,38	0,67	0,33	0,47 ± 0,12
P_E^(A)	0,56	0,44	0,73	0,39	0,53 ± 0,11

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes (P<0,05)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes (P<0,05)

A maior média foi encontrada no ponto exutório (P_E), indicando aporte desse nutriente ao longo da bacia. As microbacias sob influência do manejo convencional (CN_M e CN_C) tiveram médias superiores às microbacias influenciadas pelo manejo agroecológico (AG_L e AG_F).

3.6. Potencial hidrogeniônico (pH)

Os resultados de pH em relação a cada um dos pontos estão apresentados na Tabela 9. O pH oscilou em faixa ligeiramente ácida (5,58-6,93), com média para toda bacia hidrográfica de 6,25±0,26.

Todos os valores de pH encontrados variaram em faixa ácida, sendo que 29/ das amostras não se enquadraram nos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 (2005) que estabelece valores de pH entre 6-9 para rios de classe 1. Em relação à média (Tabela 9), todos os pontos se enquadraram no limite.

Não há diferenças significativas para o pH quando avaliada a variação temporal (F_{3,20}=0,95, p< 0,43); entretanto, houve diferenças significativas para o pH entre os pontos PN_M e P_E (F_{1,6}=12,3, p< 0,012), e entre os pontos AG_F e CN_C (F_{1,6}=8,88, p< 0,024).

Tabela 9. Potencial hidrogeniônico (pH), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG.

	SET ^(a)	OUT ^(a)	NOV ^(a)	DEZ ^(a)	MÉDIA
P_{NM} ^(AC)	5,93	5,89	6,25	6,29	6,09 ± 0,18
AG_L ^(AC)	6,27	5,87	6,38	6,44	6,24 ± 0,19
AG_F ^(A)	5,70	5,92	6,19	6,04	5,96 ± 0,15
CN_M ^(AC)	5,58	5,88	6,43	6,50	6,1 ± 0,37
CN_C ^(BC)	6,25	6,81	6,37	6,35	6,45 ± 0,18
P_E ^(B)	6,67	6,93	6,63	6,35	6,65 ± 0,16

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes (P<0,05)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes (P<0,05)

3.7. E. coli

Os resultados de *E. coli* em relação a cada um dos pontos encontram-se na Tabela 10. Na bacia do São Joaquim, *E. coli* variou de 17,36 a 529 NMP em 100 mL, com média para bacia hidrográfica de 718,33 ± 404,57 NMP/100mL.

Tabela 10. Número mais provável de *E. coli* por 100 mL, média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG.

	SET ^(a)	OUT ^(b)	NOV ^(c)	DEZ ^(d)	MÉDIA
P_{NM} ^(A)	51,470	707,30	213,03	505,10	369,230 ± 236,980
AG_L ^(A)	715,60	939,30	30,670	911,30	649,220 ± 309,270
AG_F ^(A)	17,360	264,03	100,63	780,23	290,560 ± 244,830
CN_M ^(A)	21,700	66,960	414,27	899,40	350,580 ± 306,250
CN_C ^(A)	620,10	456,50	340,13	2799,0	1053,93 ± 872,530
P_E ^(A)	512,33	296,50	285,00	5292,0	1596,46 ± 1847,77

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes (P<0,05)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes (P<0,05)

Considerando o limite permissível para classe I de 200 coliformes por 100 mL (Tabela 2) em pelo menos 80% das amostras, pode-se concluir que 75% das amostras ficaram acima do limite permissível para classe. A microbacia AG_F foi a que se aproximou mais do limite estabelecido. Nos pontos AG_L, CN_C e P_E, foram encontrados os maiores valores.

Não há diferenças significativas para *E. coli* entre os pontos amostrados ($F_{5,18}=0,79$, $p<0,56$); entretanto, houve diferenças estatísticas ao longo do período amostrado ($F_{3,20}=3,81$,

$p < 0,026$). O mês de dezembro, com exceção do ponto PN_M , foi o mês em que ocorreram os maiores valores de *E. coli*, com destaque para CN_C (2799 NMP/100 mL) e PE (5292 NMP/100 mL).

3.8. Turbidez

Os resultados de turbidez em relação a cada um dos pontos estão apresentados na Tabela 11. Os maiores valores foram encontrados para os pontos CN_M (118 UNT) e PE (166 UNT). O ponto CN_C foi o que apresentou os menores valores, com média de $8,3 \pm 1,6$ UNT.

Tabela 11. Turbidez (UNT), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG

	SET ^(a)	OUT ^(a)	NOV ^(a)	DEZ ^(a)	MÉDIA
$PN_M^{(A)}$	24,490	14,54	19,280	22,30	$20,15 \pm 3,240$
$AG_L^{(A)}$	29,550	20,38	45,980	47,56	$35,87 \pm 10,90$
$AG_F^{(A)}$	19,750	24,81	28,230	31,26	$26,01 \pm 3,730$
$CN_M^{(A)}$	118,97	18,49	13,430	16,35	$41,81 \pm 38,58$
$CN_C^{(A)}$	6,7900	7,900	7,0600	11,60	$8,340 \pm 1,630$
$PE^{(A)}$	8,2200	8,370	166,16	28,60	$52,84 \pm 56,66$

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$)

Quando se comparam os valores de turbidez encontrados com a resolução CONAMA 357 (2005), o ponto PE (média de 52,84 UNT) no exutório da bacia, e o ponto CN_M (média de 41,81 UNT) uma propriedade convencional, tiveram os valores médios de turbidez acima do valor máximo estabelecido pela resolução CONAMA 357 que é de 40 UNT para águas de classe 1. Os pontos PN_M , AG_F e CN_C tiveram 100% dos valores dentro do limite estabelecido pela mesma resolução.

Não há diferenças significativas para turbidez entre os pontos amostrados ($F_{5,18}=0,70$, $p < 0,62$) e nem entre os meses de coleta ($F_{3,20}=0,73$, $p < 0,54$).

3.9. Temperatura

Os resultados de temperatura em relação a cada um dos pontos estão apresentados na Tabela 12. A temperatura variou entre 18°C no ponto PN_M e 24 °C nos pontos CN_M, CN_C e P_E, com média para bacia de 21,7 ± 0,23 °C.

Não há diferenças significativas para temperatura entre os pontos amostrados ($F_{5,18}=0,20$, $p < 0,95$); entretanto, houve diferenças entre os meses de coleta ($F_{3,20}=16,22$, $p < 0,000013$), onde apenas o mês de dezembro diferiu dos meses de outubro e novembro.

Tabela 12. Temperatura (°C), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG

	SET ^(ab)	OUT ^(a)	NOV ^(a)	DEZ ^(b)	MÉDIA
PN _M ^(A)	18	22	22	22	21,00 ± 1,50
AG _L ^(A)	20	23	22	22	21,75 ± 0,88
AG _F ^(A)	19	22	23	23	21,75 ± 1,38
CN _M ^(A)	20	20	24	23	21,75 ± 1,75
CN _C ^(A)	21	21	24	23	22,25 ± 1,25
P _E ^(A)	20	21	24	22	21,75 ± 1,25

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$)

Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$)

3.10. Sólidos totais

As concentrações de sólidos totais em relação a cada um dos pontos estão apresentados na Tabela 13. Os maiores valores foram encontrados no mês de novembro para os pontos AG_L, com concentração de 12,2, e P_E, com concentração de 12,6 mg/L. Os menores valores foram encontrados na propriedade AG_F, com concentração de 4,1 mg/L. Para bacia como um todo, a média encontrada foi 8,25±1,78 mg/L.

Não se verificou diferença temporal para sólidos totais no período amostrado ($F_{3,20}=0,74$, $p < 0,53$). Entretanto, houve diferenças significativas para Sólidos totais entre o ponto AG_L e os pontos CN_M ($F_{1,6}=6,37$, $p < 0,044$), CN_C ($F_{1,6}=9,25$, $p < 0,022$), AG_F ($F_{1,6}=22,32$,

$p < 0,0032$). O ponto AG_L apresentou maior média (10,6 mg/L) e o ponto AG_F apresentou a menor média (5,5 mg/L).

Tabela 13. Sólidos totais (mg/L), média e desvio padrão, Bacia do rio São Joaquim, Araponga-MG.

	SET ^(a)	OUT ^(a)	NOV ^(a)	DEZ ^(a)	MÉDIA
P _{NM} ^(A)	8,50	11,7	5,20	5,60	7,750 ± 2,35
AG _L ^(B)	11,3	9,60	12,2	9,30	10,60 ± 1,15
AG _F ^(A)	6,70	7,20	4,10	4,20	5,550 ± 1,40
CN _M ^(A)	9,90	7,60	4,60	7,30	7,350 ± 1,40
CN _C ^(A)	8,30	7,90	4,20	7,70	7,030 ± 1,41
P _E ^(AB)	11,7	8,20	12,6	12,5	11,25 ± 1,53

Meses com diferentes letras minúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma linha são diferentes ($P < 0,05$)
Pontos com diferentes letras maiúsculas sobrescritas (entre parênteses) na mesma coluna são diferentes ($P < 0,05$)

3.11. Índice de qualidade de água

Os IQA's calculados para cada ponto estão apresentados na Tabela 14, que também apresenta a categoria em que cada ponto amostral foi classificado. A Bacia do rio São Joaquim, dentro do período analisado, alcançou um valor médio aproximado de IQA igual a 51. A análise dos índices nos pontos amostrados demonstrou que apenas os pontos AGL e AGF se enquadraram na categoria "Boa", estando os demais pontos na categoria "aceitável".

Tabela 14. Índice de qualidade da água e classificação segundo Cetesb (2010).

	SET	OUT	NOV	DEZ	MÉDIA	Classificação
PNM	54,89	44,53	51,40	48,92	49,93	Aceitável
AGL	52,30	47,69	54,05	56,77	52,70	Boa
AGF	59,59	50,55	60,37	63,70	58,55	Boa
CNM	41,43	41,53	48,40	56,68	47,01	Aceitável
CNC	52,34	46,58	46,20	54,37	49,87	Aceitável
PE	57,54	50,64	44,77	49,32	50,57	Aceitável

A análise de regressão múltipla indicou quatro, entre os nove parâmetros analisados, para explicar os resultados de qualidade da água. Os parâmetros oxigênio dissolvido, turbidez, *E. coli* e demanda bioquímica de oxigênio explicam, juntos, 95,7% dos resultados, sendo

67,37/ relacionado ao oxigênio dissolvido, 16,91/ relacionado à turbidez, 7,14/ relacionado à *E. coli* e 3,67/ relacionado à demanda bioquímica de oxigênio. Os demais parâmetros avaliados obtiveram menos de 5/ de correlação com o índice de qualidade da água na Bacia do rio São Joaquim no período avaliado.

4. Discussão

4.1. Precipitação

O ano de 2013 pode ser considerado um ano de baixa intensidade de precipitações, pois a precipitação acumulada (Figura 3) está próxima ao limite inferior para as médias da região, que costuma apresentar precipitação anual variando de 1200-1800 mm ao ano (Carvalho, 2011).

A distribuição das chuvas também não seguiu o padrão normal. Frequentemente os meses mais chuvosos são janeiro e fevereiro; mas, de acordo com os resultados desse estudo (Figura 3), o fim da época chuvosa se estendeu até abril, o que provoca alterações no rebrote das folhas, na evapotranspiração, na dinâmica hídrica da região e, conseqüentemente, na qualidade das águas superficiais.

4.2. Oxigênio dissolvido

O Oxigênio dissolvido é a indicação mais representativa do grau de poluição de um corpo d'água por matéria orgânica (Bastos et al., 2005). O consumo, e conseqüentemente, o déficit de oxigênio dissolvido na água, decorre principalmente da degradação bacteriológica da matéria orgânica e a reposição dos teores de oxigênio dissolvido, denominada reaeração, é função da intensidade de agitação da massa d'água em rios, como quedas e cachoeiras. Nas propriedades agroecológicas estudadas foram verificadas turbulência e quedas d'água em

alguns pontos, fato que pode ter contribuído para a determinação de médias mais próximas do limite estabelecido para classe I da resolução CONAMA 357.

Os valores de oxigênio dissolvido mais próximos dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357 (2005) foram verificados em AG_F e AG_L indicam que nesses pontos, além de influências naturais, as influências do manejo agroecológico foram positivas. Isso pode estar relacionado com a menor poluição por matéria orgânica esperada no manejo agroecológico, pois nesse tipo de manejo, é mantida maior cobertura vegetal no solo, que minimiza a ocorrência de deflúvio superficial, e por isso menor aporte de matéria orgânica para os rios. Outro fato relevante foi não ter sido verificado lançamento de esgoto diretamente no leito do rio nas microbacias agroecológicas, que é uma fonte comum de poluição por matéria orgânica em áreas rurais (Peterson et al., 2007).

Ao longo do ano, o oxigênio dissolvido varia com o aumento das precipitações. As primeiras precipitações ocorrem em um momento em que a vegetação está pequena e que existe muito material orgânico depositado na superfície do solo. Dessa forma, grande quantidade de material orgânico chega ao rio, provocando diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, verificado nos resultados do mês de outubro. Já após as primeiras chuvas, a vegetação começa a crescer, servindo de barreira física para o escoamento superficial e carreamento de materiais orgânicos, que já estão menos concentrados e, a concentração de oxigênio dissolvido passa a aumentar (Gergel et al., 2002), como verificado para os meses de novembro e dezembro.

4.3. Demanda bioquímica de oxigênio

A demanda bioquímica de oxigênio é a medida da quantidade de oxigênio necessária para estabilização da matéria orgânica, sendo uma medida indireta da quantidade de matéria orgânica em uma amostra (Bastos et al., 2007)

Durante as campanhas de campo e conversas com agricultores observou-se que a bacia do rio São Joaquim recebe aporte de matéria orgânica, esgoto doméstico e sedimentos

ao longo do seu leito, o que tem contribuído para degradação da qualidade da água, como mostrado nos testes realizados.

As menores médias de demanda bioquímica de oxigênio observadas em AG_F e AG_L devem estar relacionadas à maior cobertura vegetal no solo, o que leva ao menor escoamento superficial das águas de chuva. Nestas propriedades há também fossas, evitando que o esgoto chegue diretamente ao rio (Carneiro, 2013). Com isto, há diminuição da chegada de matéria orgânica e nutrientes nos corpos hídricos, diminuindo a demanda bioquímica de oxigênio.

A redução nas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio nos meses de maior precipitação, sugerem, assim como para o oxigênio dissolvido, uma possível diluição da concentração de demanda bioquímica de oxigênio pelas precipitações. A maior demanda bioquímica de oxigênio em CN_M (6,38 mg/L) indica efeitos de degradação da água provocados pelas práticas de manejo convencional, como capina e presença de solos descobertos, práticas de queimada para controle de vegetação indesejada e, em consequência dessas práticas, ocorrência de maior aporte de matéria orgânica para o leito dos rios.

O segundo maior valor de demanda bioquímica de oxigênio foi verificado em PN_M, indicando influência da mata, que aporta maior quantidade de matéria orgânica aos corpos hídricos. Assim, apesar da demanda bioquímica de oxigênio ser um importante parâmetro de avaliação do grau de poluição da água, é necessário correlacionar os resultados com avaliações *in situ*, pois como nesse caso, altas concentrações de demanda bioquímica de oxigênio podem refletir condições naturais (Sperling, 1996).

4.4. Nitrogênio total

A razão N:P calculada ficou abaixo do limite estabelecido por Said et al. (2004), que afirmam que geralmente o limite não deve exceder 16:1. Isto é indicativo que não há enriquecimento de nitrogênio no sistema aquático, ou ainda que pode haver altas concentrações de fósforo nas águas, como verificado nesse estudo.

Não há um padrão definido para a distribuição de nitrogênio nos ecossistemas aquáticos, de modo que essa distribuição dependerá de vários fatores, entre eles, o balanço entre as formas nitrogenadas, estratificação térmica e/ou química, densidade de organismos fotossintetizantes, em especial os fitoplanctônicos, volume de material de origem antrópica, e volume de chuvas (Siqueira et al., 2012).

As menores médias de nitrogênio total (Tabela 7) determinadas nos pontos influenciados pelo manejo agroecológico devem ser consequência da não utilização de adubação nitrogenada e de não haver lançamento de esgoto diretamente no rio, que contém nitrogênio oriundo da urina, práticas estas verificadas nos pontos influenciados pelo manejo convencional.

A maior média no ponto exutório (P_E) indica ter ocorrido aporte desse nutriente para o rio ao longo da bacia, que possui área cultivada com café considerável, onde verificou-se a utilização de adubação nitrogenada na maioria das propriedades nos meses de monitoramento da qualidade da água. O ponto exutório de uma bacia recebe contribuições de toda área de drenagem, e as variações sazonais da qualidade da água nesse ponto é reflexo das práticas de uso e ocupação dessa bacia (Foster, 2001).

A variação de nitrogênio total ao longo dos meses indica maior aporte de nitrogênio para os rios à medida que as precipitações aumentam, sendo encontradas maiores concentrações de nitrogênio total no mês de novembro, mês em que foram realizadas as adubações nitrogenadas no café.

4.5. Fósforo total

Em águas não poluídas as concentrações de fósforo total são em geral baixas (0,1-0,05 mg/L). Porém, as atividades antropogênicas podem ser fontes de consideráveis cargas de fósforo presentes em concentrações significativas nos esgotos sanitários, dejetos de animais, detergentes e pesticidas (Sperling, 1996).

O fósforo é um elemento pouco móvel no solo, não sujeito a grandes perdas por lixiviação em solos tropicais; portanto, as perdas de fósforo acontecem principalmente por erosão (Faria & Pereira, 1993).

Parece haver aporte desse nutriente ao longo da bacia, indicado pela maior média encontrada em P_E (Tabela 8). Isto pode ter sido devido à perda de fósforo por erosão, em especial das microbacias sobre influência do manejo convencional, cujas médias de fósforo total foram superiores às microbacias influenciadas pelo manejo agroecológico (Tabela 8). O fósforo perdido, presente principalmente na adubação fosfatada nas propriedades convencionais, pode ter sido transportado até o rio por erosão hídrica, com destaque para propriedade CN_M com perda de 32,5 g/ha na lavoura de café no mês de março de 2013 (Carneiro, 2013). Os maiores valores encontrados durante os meses de maior precipitação também são indicativos de perda por erosão.

4.6. Potencial hidrogeniônico (pH)

O baixo pH encontrado, colocando vários pontos fora dos limites da resolução CONAMA 357 (2005), pode ser devido a predominância de Latossolos que influenciam o pH da água por serem ácidos (Mota & Melo, 2009). As próprias características do solo ou a presença de ácidos húmicos podem contribuir para redução natural do pH (Bastos, 2006). Isto indica necessidade de adequação da resolução CONAMA 357, principalmente para locais onde o solo é naturalmente ácido, como no caso dos Latossolos brasileiros.

A diferença existente entre os pontos PN_M ($6,09 \pm 0,18$) e P_E ($6,65 \pm 0,16$) pode ser devido à maior influência de mata próxima ao leito do rio, que gera aporte de matéria orgânica, a qual, durante sua estabilização, acidifica o pH, como é o caso dos rios amazônicos que apresentam pH ácido devido à produção de ácidos húmicos na decomposição da matéria orgânica vegetal (Siqueira et al., 2012).

4.7. *Echerichia Coli*

Os valores encontrados para *E. coli* (Tabela 10) indicam a contaminação do rio, provavelmente por esgoto doméstico e fezes animais, principalmente de gado, que chegam ao rio por escoamento superficial vindo das pastagens. A microbacia AG_F (mais próxima do limite estabelecido) possui nascentes e rios cercados para que os animais não tenham acesso, evitando que depositem suas fezes próximo ao leito dos rios (Carneiro, 2013), o que contribui para o resultado encontrado. Já nas microbacias AG_L, CN_C e P_E, foi observado o gado em contato direto com o rio, e nestes pontos os maiores valores de *E. coli* foram encontrados.

4.8. Turbidez

A turbidez expressa a interferência à passagem de luz através do líquido. Simplificadamente, a transparência da água. De forma geral, a turbidez da água bruta de mananciais superficiais apresenta variações sazonais significativas, o que não foi verificado nos pontos amostrados (exceto P_E e CN_M, Tabela 11). A turbidez não é uma variável que expressa o grau de contaminação de um rio, sendo usada como parâmetro para seleção da tecnologia de tratamento e de controle operacional dos processos de tratamento da água (Sperling, 1996). De qualquer forma, valores elevados de turbidez, como nos pontos P_E e CN_M, podem indicar perda de solo por erosão, problema já apontado nessa bacia hidrográfica por Carvalho (2009) e Cardoso et al (2010), e verificado por Carneiro em 2013.

4.9. Temperatura

Não existe limite de temperatura estabelecido pela resolução CONAMA 357 (2005). Essa variável é importante no caso de lançamentos de efluentes, onde o limite é 40°C, ou no caso de países temperados, em que existem grandes variações da temperatura ambiente.

As diferenças de temperatura encontradas entre os pontos amostrados provavelmente ocorreram devido aos horários de coleta das amostras. As amostras coletadas

próximo às 12h apresentaram temperaturas mais elevadas; entretanto, pequenas variações de temperatura não influenciam a qualidade da água (Sperling, 1996).

4.10. Sólidos totais

Não existe um limite estabelecido para sólidos totais na resolução CONAMA 357 (2005); entretanto, o limite estabelecido para sólidos dissolvidos, que representa uma parcela dos sólidos totais é de 500 mg/L. Comparando esse limite com as análises realizadas, verificou-se que 100% dos pontos estão bem abaixo, atendendo o requisito da classe 1 para essa variável.

No ponto AG_F, onde se determinou a menor concentração média de sólidos totais (5,5 mg/L), foi onde Carneiro (2013) encontrou os menores índices de erosão hídrica. Ao contrário, no ponto AG_L, onde se esperava que o manejo agroecológico contribuísse para um baixo valor de sólidos, foi o ponto com maiores valores de sólidos totais (Tabela 13), provavelmente por estar localizado em uma microbacia com predomínio de Cambissolo, que é mais susceptível à desagregação por ação da água, ocorrendo o desprendimento de partículas que são levadas até o leito do rio (Carvalho, 2011).

4.11. Índice de qualidade da água

O enquadramento geral do IQA na categoria “aceitável” indica sinais de poluição antrópica e degradação ambiental em vários pontos da bacia. Isto inspira cuidados e necessita ações para reverter essa situação.

Tais ações passam por adotar práticas agroecológicas, presentes ainda em pequena escala na bacia hidrográfica, já que as microbacias influenciadas pelo manejo agroecológico (AG_F e AG_L) foram classificadas na categoria “boa”, indicando que o manejo utilizado nessas bacias tem contribuído para conservação da qualidade da água.

Todos os quatros parâmetros (oxigênio dissolvido, turbidez, *E. coli* e demanda biológica de oxigênio) selecionados pela regressão multivariada para explicar o índice de qualidade da água encontrado, estão indiretamente influenciados pelo escoamento superficial, que é um problema que deve ser solucionado e, que além de contribuir para o enfraquecimento dos solos como verificado por Carvalho (2011) e Carneiro (2013), está contribuindo para degradação da qualidade das águas.

Embora o manejo agroecológico tenha contribuído para a conservação da qualidade da água, esta melhoria ainda não refletiu na bacia como um todo. Isto aponta a necessidade de incentivar a transição agroecológica em um maior número possível de agricultores.

5. Considerações Finais

A pesquisa realizada permite concluir que o sistema de manejo agroecológico adotado na bacia do rio São Joaquim contribuiu para conservação e recuperação dos recursos hídricos na bacia, já que para maioria das variáveis ambientais analisadas nesse tipo de manejo evidenciaram menor impacto ambiental que o manejo tido como convencional.

O sistema agroecológico estudado contribuiu para conservação de qualidade da água, sendo indicado para recuperação de bacias hidrográficas. Entretanto, por ser praticado em parcela inferior a outros tipos de manejo na bacia, não foi determinante para conservar a qualidade da água da bacia do rio São Joaquim, que obteve 70,8 / dos IQAs classificados em aceitável. Isto significa estado de “alerta”, sendo necessário controlar o processo de degradação da água nessa bacia.

A maioria dos problemas de poluição das águas na bacia está associada à erosão hídrica, que é influenciada, entre outros fatores, pelo grau de cobertura vegetal no solo que, quando ausente, favorece o aporte de nutrientes, sedimentos, matéria orgânica e microrganismos para o leito do rio. Este processo deve ser controlado principalmente nas pastagens, que é o uso do solo mais expressivo na bacia do rio São Joaquim e, portanto, uma importante fonte de poluição, em especial por organismos patogênicos oriundos das fezes dos animais presentes nas pastagens.

Uma das fontes de poluição das águas é o lançamento de esgotos sanitários por algumas famílias que utilizam o manejo convencional, que ainda lançam os esgotos diretamente no rio, sem nenhuma forma de tratamento, enquanto as propriedades agroecológicas possuem fossa séptica. Entretanto, estudos mais aprofundados são necessários, de preferência de forma participativa, para apontar com mais clareza os problemas e as soluções para o saneamento da bacia hidrográfica.

A transição agroecológica, já em curso por algumas famílias na bacia hidrográfica, deve ser incentivada, para recuperar a qualidade da água da bacia do rio São Joaquim.

6. Referências bibliográficas

- AB'SABER, A. N. Províncias geológicas e domínios morfoclimáticos no Brasil. Geomorfologia, [s.n]. São Paulo, 1970.
- APHA-American Public Health Association. 1995. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington: Library of Congress. 19th ed. 1134 pp.
- ANA-Agência Nacional das Águas. 2002. A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil. ANA: Brasília - DF. 68 pp.
- ANJOS, L. R. A.; MARCON, L.; BENJAMIN, L. A. Avaliação da frequência de alterações histológicas nas brânquias de três espécies de peixes em pisciculturas de propriedades com sistema produtivo convencional ou agroecológico da região de Araponga-MG. Simpósio de Pesquisa em Medicina Veterinária, Viçosa, MG, Brasil, 2012.
- BASTOS, R.K.X.; HELLER, L.; FORMAGGIA, D.M.E. Comentários sobre a Portaria MS. nº 518/2004: subsídios para implementação. Brasília: Ministério da Saúde, 92p, 2005.
- BASTOS R. K. X; HELLER, L.; PRINCE. A. A; BRANDÃO, C.C.S.; COSTA, S.S.; BEVILACQUA, P.D.; ALVES, R.M.S. Boas práticas no abastecimento de água: procedimentos para a minimização de riscos à saúde – Manual para os responsáveis pela vigilância e controle. Brasília: Ministério da Saúde, 260 p. (Série A. Normas e Manuais Técnicos), 2006.
- BASTOS, R. K. X., BEZERRA, N.R. BEVILACQUA, P. D. Planos de segurança da água: novos paradigmas em controle de qualidade da água para consumo humano em nítida consonância com a legislação brasileira. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, Belo Horizonte/MG, 2007.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos jurídicos. Lei nº 9.433, de 8 de Janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9433.htm. Acesso em 2 de junho de 2013.
- BORDALO, A.A.; Nilsumranchi, W.; Chalermwat, K. 2001. Water quality and uses of the Bangpakong River (Eastern Thailand). Water Research, 35: 3535–3642.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Resolução Conama nº 357, de 17 de março de 2005b. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu

enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências. Disponível em <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>. Acesso em 7 de novembro de 2013.

- CARDOSO, I.M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; FERREIRA NETO, P. S. 2001 Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. *Agricultural Systems*. n. 69, p. 235-257.
- 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., (Org.) Agrobiodiversidade no Brasil: Experiências e caminhos de pesquisa. Recife: Nupeea, 2010, p. 75-94.
- 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.
- CARNEIRO, J. J.; Sistemas Agroecológicos de Produção Conservam Água e Solo. Dissertação de Mestrado (Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2013.
- 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)
- 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)
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Guia de coleta e preservação de amostras de água. CETESB, São Paulo, 1988. 64 pp.
- CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Índices de Qualidade das Águas. Secretaria do Estado do Meio Ambiente, São Paulo, 2010.
- CUDE, C. Oregon water quality index: a tool for evaluating water quality management effectiveness. *Journal American Water Research Association*, 1988. 125–13pp.
- DUARTE, E. M. G., Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado (Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007. 115 p.

- DUARTE, E. M. G., CARDOSO, I. M., FÁVERO, C. Terra Forte Agriculturas, Rio de Janeiro, v.5, p.11-15, 2008. Disponível em <<http://agriculturas.leisa.info>>.
- 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.
- FARIA, C. M. B.; PEREIRA, J. R. Movimento de Fósforo no solo e seu modo de aplicação no tomateiro rasteiro. *Pesq. Agrop. bras.* Brasília, 1993. p 1363-1370.
- FREITAS, H. R.; Cardoso, I. M.; Jucksch, I. Boletim Informativo. RBCS. Viçosa, p.22-27. 2004.(29)
- 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. *Revista Agriculturas*, v. 7, n. 3, p. 30-34. 2010.
- FOSTER, S.S.D.; HIRATA, R.C.A.; GOMES, D.; D'ELIA, M.; PARIS, M. Groundwater quality protection: a guide for water service companies, municipal authorities and environment agencies. Washington, D.C; Banco Mundial, 2001.
- GERGEL, S. E. et al. Landscape indicators of human impacts to riverine systems. *Aquatic Science*, v.64, p.118-128, 2002.
- GOLFARI, L. Zoneamento Ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, IBDF-PRODEPEF, 1975. 65p.
- HERNÁNDEZ-ROMERO, A.H.; Tovilla-Hernández, C.; Malo, E.A.; Bello Mendoza, R. Water quality and presence of pesticides in a tropical coastal wetland in southern Mexico. *Marine Pollution Bulletin*, 2004. 1130–1141pp.
- JONNALAGADDA, S.B.; Mhere, G. Water quality of the Odzi river in the eastern highlands of Zimbabwe. *Water Research*, 2001. 2371–2376pp.
- KER, J. C. Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil. Universidade Federal de Viçosa, 1995. 181p. (Tese)
- LIU, S.M.; Lo, S.L.; Hu, C.Y. Application of two-stage fuzzy set theory to river quality evaluation in Taiwan. *Water Research*, 2003. 1406–1416pp.
- MCKERGOW, L.A.; WEAVER, D.M.; PROSSER, I.P.; GRAYSON, R.B.; REED, A.E.G. Before and after riparian management: sediment and nutrient exports from a small agricultural

- atchment, Western Australia. *Journal of Hydrology*, Amsterdam, v.270, p.253-272, 2003.
- MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIANO, M.D.; GARCÍA-VARGAS, M. Using chemometric tools to assess antropogenic effects in river water a case study: Guadalquivir river (Spain). *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.515, p.143-9, abr., 2004.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.
- MOTA, A. C. V. & Melo, V. de F. *Química de solos ácidos. Química e mineralogia dos solos* Viçosa, MG: SBCS, 2009 Myers (2000)
- NAGEL, J.W. 2001. A water quality index for contact recreation. *Water Science Technology*, 2001. 285–292pp.
- NOVAES, A. P.; SIMÕES, M. L.; MARTIN-NETO, L.; CRUVINEL, P. E.; SANTANA, A.; NOVOTNY, E. H.; SANTIAGO, A.; NOGUEIRA, A. R. A.; Utilização de uma Fossa Séptica Biodigestora para Melhoria do Saneamento Rural e Desenvolvimento da Agricultura Orgânica, Embrapa: São Carlos (Nota Técnica), 2003.
- PESCE, S.F.; Wunderlin, D.A. 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Cordoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research*, 34: 2915–2926.
- PETERSON, C.; Mara, D.; Curtis, T. Pro-poor sanitation technologies. *Geoforum*, 2007
- 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.
- 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)
- RESENDE, M.; CURI, N.; RESENDE, S. B.; CORRÊA, G. F. *Pedologia: base para distinção de ambientes*. Viçosa: NEPUT, 1996.
- SÁNCHEZ, E.; Colmenarejo, M.F.; Vicente, J.; Rubio, A.; García, M.G.; Travieso, L.; Borja, R. 2007. Use of the water quality index and dissolved oxygen deficit as simple indicators of watersheds pollution. *Ecology Indicators*, 7: 315–328.

- SPERLING, M. von. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos: princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Belo Horizonte: [s.n.], 1996. v. 1.
- SINGH, K. P.; MALIK, A.; MOHAN, D.; SINHA, S. Multivariate statistical techniques for the evaluation of spatial and temporal variations in water quality of Gomti River (India) – a case study. *Water Research*, n. 38, p. 3980-3992, 2004.
- SIQUEIRA, G. W.; APRILE, F.; MIGUÉIS, A. M. Diagnóstico da qualidade da água do rio Parauapebas (Pará – Brasil). *Acta Amazonica*, 2012. 42: 413-422
- SOUSA, T. F. C. W. L. de; CARNEIRO, J. J.; FERRARI, L.T.; MACHADO, M. V. O.; CARDOSO, I. M.; MENDONÇA, E.de S. Manejo de recursos hídricos por agricultores agroecológicos na Zona da Mata-MG. *Anais...Resumos do VII Congresso Brasileiro de Agroecologia – Fortaleza/CE – 12 a 16/12/2011. Cadernos de Agroecologia – ISSN 2236-7934 – Vol6, No. 2, Dez 2011.*
- SOUZA, H. N. Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade na agricultura familiar da Zona da Mata. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.
- 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.
- SWAMEE, P.K.; Tyagi, A. Describing water quality with aggregate index. *Journal Environment Engineering*, 2000. 126: 451–455.
- TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, p.181-6, 2002.
- TRINDADE, A. L. C. Aplicação De Técnicas Estatísticas Para Avaliação De Dados De Monitoramento De Qualidade Das Águas Superficiais Da Porção Mineira Da Bacia Do Rio São Francisco. Dissertação de Mestrado (Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2013.

VEGA, M.; PARDO, R.; BARRADO, E.; DEBAË, L. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. *Water Research*, v.32, p.3581–3592, 1998.

Capítulo 4

Peixes: bio-indicadores de qualidade da água

RESUMO

As atividades agrícolas sofreram inúmeras e profundas mudanças a partir dos anos de 1960, com a implantação das tecnologias agrícolas da Revolução Verde, ou como é também conhecida, a partir da modernização da agricultura. Dentre estas tecnologias, encontram-se o uso de agrotóxicos, fertilizantes e a mecanização. Vários foram os impactos ambientais e as consequências socioeconômicas ocorridas em virtude da modernização da agricultura, em especial devido ao uso de agrotóxicos, ocorrendo problemas de intoxicação humana, contaminação do solo, ar e água, presença de resíduos nos alimentos, bioacumulação e efeitos adversos no ambiente. Os problemas causados pelos usos dos agrotóxicos têm impulsionado muitos agricultores, em especial agricultores familiares, a experimentar a transição agroecológica, buscando formas de manejo que conciliem produção agrícola, preservação ambiental e menor dependência de insumos externos. Quando aplicados, os agrotóxicos podem ficar retidos na vegetação ou atingir o solo em virtude da mobilidade e degradabilidade do composto químico utilizado podendo chegar aos rios e córregos por erosão hídrica do solo ou por carreamento pela água da chuva de partículas volatilizadas contaminando a água e todo ecossistema aquático. Os peixes possuem grande potencial de serem utilizados como bioindicadores da qualidade da água, em especial da presença de agrotóxicos. Este estudo foi conduzido em Araponga-MG, buscando determinar as diferenças na qualidade da água de microbacias influenciadas pelo manejo agroecológico e convencional a partir da utilização de peixes como bioindicadores de poluição ambiental. Foram instalados tanques rede nas microbacias estudadas e utilizados peixes da espécie lambari (*Astyanax bimaculatus*) que foram coletados aos 7, 14, 21 e 28 dias após terem sido colocados nestes tanques. Após a coleta, foram realizados estudos biométricos, determinando-se índices corporais, e análise de alterações histológicas e morfométricas de brânquias desses peixes. Em praticamente todos parâmetros avaliados foram registradas alterações mais intensas nas brânquias dos peixes mantidos nas microbacias convencionais, que utilizam agrotóxicos, indicando provável contaminação da água por estes produtos nessas microbacias, sugerindo que esses químicos afetam negativamente a qualidade da água, e que também são fonte de contaminação que deve ser monitorada e controlada.

1. Introdução

A qualidade da água afeta diretamente o meio ambiente, a capacidade dos ecossistemas de fornecerem serviços ambientais, a vida e a saúde dos seres vivos. A qualidade da água de um rio é o reflexo de condições naturais da bacia hidrográfica como litologia, erosão, tipos de solo, condições climáticas, e interferências antrópicas, como o lançamento de efluentes urbanos e industriais e as atividades agrícolas (Toledo, 2002; Merten & Ninella, 2002; Mendiguchía et al., 2004).

As atividades agrícolas sofreram inúmeras e profundas mudanças a partir dos anos de 1960, com a implantação das tecnologias agrícolas da Revolução Verde, ou como é também conhecida, a partir da modernização da agricultura. Dentre estas tecnologias, encontram-se o uso de agrotóxicos, fertilizantes e a mecanização. Nesse processo, o conhecimento científico sofreu um crescente distanciamento do conhecimento endógeno das comunidades locais, e a mitificação das tecnologias baseadas na químico-mecanização, tornou-se senso comum na sociedade ocidental (Morim, 2004). Vários foram os impactos ambientais e as consequências socioeconômicas ocorridas em virtude da modernização da agricultura, em especial devido ao uso de agrotóxicos, ocorrendo problemas de intoxicação humana, contaminação do solo, ar e água, presença de resíduos nos alimentos, bioacumulação e efeitos adversos no ambiente (Machado, 1999). Os problemas causados pelos usos dos agrotóxicos têm impulsionado muitos agricultores, a buscarem formas de agricultura diferenciada para conciliar produção agrícola e preservação ambiental.

Entre as opções de manejo utilizadas pelos agricultores, destacam-se o uso de sistemas agroflorestais, a substituição da capina pela roçada, a não utilização de queimadas, a proteção das nascentes, o respeito a capacidade suporte das pastagens e o não uso de agrotóxicos. Estes agricultores tem feito a transição agroecológica, tornando-se menos dependente de insumos externos, tornando a agricultura mais diversificada e mais sustentável, e acima de tudo, mais saudável (Sanchez, 1995; Fernandes, 2007).

A exposição direta aos agrotóxicos tem sido fonte de muitos problemas de saúde pública, agudos e crônicos, na população rural, principalmente nos países em

desenvolvimento (Coutinho et al., 2005). Mas os agrotóxicos causam problemas também através da ingestão de água e alimentos contaminados pelos mesmos (Moraes, 2011). Dentre os agrotóxicos utilizados atualmente, existem diversas classes, como por exemplo os organofosforados e organoclorados, que compreendem uma grande variedade de substâncias químicas com diferentes grupos funcionais e, portanto, com diferentes modos de ação, biotransformação e eliminação (Caldas, 2011). O avanço tecnológico e o aumento na geração de produtos industriais, como a produção de compostos químicos, tem levado a expansão no nível de xenobióticos no sistema aquático, como inseticidas, fungicidas e herbicidas. Mundialmente, os herbicidas são os agrotóxicos de maior uso (Ueta et al., 2001). Os herbicidas são agentes biológicos ou substâncias químicas que agem matando ou suprimindo o desenvolvimento de plantas (Roman et al., 2007).

Inicialmente os agrotóxicos eram estáticos e com alto poder de adesão ao solo, mas com o desenvolvimento de outras tecnologias passaram a ser mais solúveis em água, mais voláteis, e de potencial nocivo prolongado, sendo, portanto, mais tóxicos e causando maiores danos à saúde humana e ao meio ambiente (Veiga et al., 2006). Quando aplicados, os agrotóxicos podem ficar retidos na vegetação ou atingir o solo em virtude da mobilidade e degradabilidade do composto químico utilizado. O destino desses produtos no ambiente é determinado por processos de adsorção e absorção, degradação química e biológica, volatilização e lixiviação (Spadotto et al., 2004; Zagatto & Bertolletti, 2008). Dessa forma, os agrotóxicos podem chegar aos rios e córregos por erosão hídrica do solo ou por carreamento pela água da chuva de partículas volatilizadas. Análises de resíduos de agrotóxicos em água são difíceis de serem realizadas, uma vez que esses compostos possuem diferentes propriedades físico-químicas e ocorrem em concentrações extremamente baixas na presença de altas concentrações de compostos interferentes (Brondi, 2005). Entretanto, é possível buscar indicadores da contaminação da água. Dentre estes, os peixes possuem grande potencial de serem utilizados como bioindicadores da presença de agrotóxicos na água (Moraes, 2011; Anjos et al., 2012). O estresse químico promovido por concentrações subletais de xenobióticos nos ecossistemas aquáticos pode alterar a capacidade de peixes em realizar várias funções biológicas (Jobling, 1994). Assim, essas respostas biológicas fornecem informações sobre as condições de seu habitat e podem ser empregadas como ferramenta

no monitoramento ambiental para avaliação do impacto em locais poluídos, constituindo-se um biomarcador (Van der Oost et al, 2003).

O peixe entra em contato direto com os agrotóxicos, pela via epidérmica, que é a superfície externa do corpo, e também através de estruturas sensoriais, brânquias, cavidade oral e todo tubo digestivo (Fanta et al., 1997). Diversos estudos têm retratado alterações de comportamento e alterações histológicas em diferentes órgãos de peixes, como brânquias, fígado e gônadas (Montoya, 2008; Santos, 2009; Silva Filho, 2010; Moraes 2011; Nunes, 2011; Goulart, 2012; Anjos, 2012).

As brânquias dos peixes exercem papéis vitais, visto que, além de serem o principal sítio de trocas gasosas (Hughes,1982) também estão envolvidas nos processos de osmorregulação (Verboost et al., 1994), equilíbrio ácido-básico (Goss et al., 1992), excreção de compostos nitrogenados (Sayer & Davenport, 1987) e gustação (Hughes, 1982). No processo respiratório, a cavidade bucal e as câmaras branquiais atuam alternadamente como bombas de sucção e pressão para manter um fluxo contínuo de água sobre as brânquias (Romer & Parsons, 1985). O fluxo de água leva consigo agentes irritantes, dissolvidos ou suspensos, que inevitavelmente entraram em contato com os filamentos branquiais e com as lamelas respiratórias e, em altas concentrações, poderão alterar a morfologia normal das brânquias (Luvizotto, 1994).

Alterações na organização branquial de peixes têm sido propostas como indicadores da degradação de ambientes aquáticos (Ojha, 1999) e utilizadas no monitoramento ambiental (Meyers & Hendricks, 1985; Schwaiger, et al., 1997). A hipótese é que as brânquias de peixes originários de águas contaminadas com agrotóxicos apresentem maior ocorrência de lesões em relação àqueles advindos de águas sem contaminação.

Este capítulo tem por objetivo avaliar a qualidade da água, utilizando peixes como bioindicadores de contaminação por agrotóxicos, em propriedades onde os mesmos são utilizados e em propriedades que estão em transição agroecológica, onde não são utilizados no manejo dos agroecossistemas. Especificamente, realizou-se estudo biométrico, determinando-se índices corporais e analisando-se alterações morfológicas, histológicas e

morfométricas de brânquias de peixes da espécie lambari (*Astyanax bimaculatus*) nos dois tipos de ambientes apresentados previamente.

2. Material e métodos

2.1. Descrição do local de estudo

O estudo foi conduzido na região da Zona da Mata mineira, na bacia hidrográfica do rio São Joaquim, localizada no município de Araponga-MG (20° 48' S e 42° 32' W) na zona de amortecimento do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, tendo como vegetação original a floresta estadual semidescidual, localizada no bioma Mata Atlântica.

Foram escolhidas duas microbacias agroecológicas (denominadas AG_F e AG_L) e duas convencionais (denominadas CN_M e CN_C), localizadas na bacia do rio São Joaquim (Cap. 3), para a condução dos experimentos. Em ambos os tipos de manejo na região, agroecológico ou convencional, as atividades agrícolas observadas são pastagem, produção de café consorciada com feijão e, ou milho, produção de hortaliças e piscicultura para consumo familiar. É comum encontrar tanques de piscicultura com águas que podem ter sido contaminadas por agrotóxico, uma vez que os agrotóxicos são utilizados nas culturas em torno do tanque e carreados pelo escoamento superficial (Eler et al., 2006).

Em cada propriedade foi instalado um tanque rede onde foram mantidos peixes da espécie lambari (*Astyanax bimaculatus*), para os quais foram determinados os índices corporais e, a partir de fragmentos de brânquias, realizadas análises morfológicas e morfométricas.

2.2. Obtenção e manutenção de peixes em tanques redes

Os peixes machos adultos da espécie lambari (*Astyanax bimaculatus*) foram obtidos na Piscicultura da Prata, Eugenópolis/MG (21°05'56" S e 42°11'13" O), bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, e transportados imediatamente até o local de realização do experimento, garantindo, dessa forma, um lote homogêneo em iguais condições no início do experimento.

Parte dos peixes foi mantida no Laboratório de Peixes do Departamento de Veterinária da UFV, e parte foi mantida em tanques rede instalados nos quatro diferentes tanques de pisciculturas localizados em cada uma das quatro microbacias selecionadas (AG_F, AG_L, CN_M e CN_C).

Nestas microbacias, os tanques redes foram montados no mês de maio de 2013, considerado o final da época chuvosa, pois durante a estação chuvosa os contaminantes podem ter atingido os cursos d'água por lixiviação, erosão hídrica ou transporte pela chuva de partículas volatilizadas.

O experimento laboratorial foi realizado em aquários com capacidade de 50L. Utilizou-se água livre de cloro, temperatura controlada em 26±1°C por meio de aquecedores e termostatos (Atman 150W), com temperatura monitorada duas vezes ao dia. Todos os aquários contaram com sistema de filtragem por malha acrílica, com sistema de circulação de água por meio de bombas para aeração contínua de água para garantir o bem estar dos peixes. Os animais foram alimentados com ração contendo 36% de proteína, duas vezes ao dia, de acordo com o manejo da piscicultura.

Os peixes do experimento de campo permaneceram dentro dos tanques de piscicultura por um período de 28 dias. Os animais também foram alimentados com ração contendo 36% de proteína, duas vezes ao dia, de acordo com o manejo da piscicultura.

2.3. Coleta do material biológico para estudo

As coletas dos peixes do experimento laboratorial e dos tanques rede nas microbacias foram realizadas aos sete, 14, 21 e 28 dias após a instalação dos mesmos. Em cada momento

foram coletados de cada tanque rede e de cada aquário experimental, 10 peixes, sendo todos eles machos.

Após a coleta dos peixes, estes foram anestesiados com solução de benzocaína 1:10.000, seguindo as normas do Comitê de Ética no Uso de Animais da UFV e, a seguir, foram obtidos dados biométricos de cada exemplar (comprimento total, comprimento-padrão e o peso corporal). As medidas de comprimento, em centímetros, foram obtidas com paquímetro, e o peso corporal, em gramas, determinado em balança de precisão com sensibilidade de 0,01g. Na sequência, os peixes foram eutanasiados por aprofundamento da anestesia, para coleta de brânquias para estudo histológico.

2.4. Estudo biométrico

O índice corporal determinado foi o fator de condição (FC), que é a razão entre o peso corporal (PC) e o comprimento padrão (CP) ao cubo.

O fator de condição expressa informações sobre a condição fisiológica, que é reflexo dos fatores abióticos e bióticos dos animais. É indicado para verificar condições de manejo das espécies de peixes e auxilia no entendimento e manutenção do equilíbrio do ecossistema (Lizama & Ambrósio, 2002). A redução do índice indica depleção das reservas energéticas estocadas, como gorduras corporais e glicogênio hepático, atribuída também ao aumento no metabolismo, em resposta a fatores estressantes, como a presença de tóxicos ou condições de confinamento (Hoque et al., 1998).

O FC foi calculado de acordo com a fórmula:

$$FC = (PC \times 100) / CP^3$$

2.5. Estudo histológico

Para o estudo das características histológicas das brânquias coletadas, os fragmentos foram fixados em paraformaldeído a 10% em tampão fosfato 0,1M, pH 7,2. O material foi fixado por um período mínimo de 24 horas e preservado em álcool 70% .

Em seguida, os fragmentos foram transferidos para solução de álcool 95% por quatro horas. Após isso, os fragmentos foram imersos em solução de álcool 95% e resina glicolmetacrilato (Leica, HistoResin) na proporção de 1:1 por 12 horas, seguida de resina pura por 24 horas, e polimerização da resina em estufa a 60 °C por 24 horas.

Após a inclusão foram feitas as secções semi-seriadas 1:6 (coletando-se um e descartando-se cinco subsequentes) com 3µm de espessura em micrótomo rotativo Leica RM2155, utilizando-se navalhas de vidro. Coletaram-se nove secções histológicas por lâmina, sendo produzidas três lâminas por animal. Os corantes utilizados foram hematoxilina-eosina e azul de toluidina. Também se empregou a técnica histoquímica do PAS (PeriodicAcidSchiff). A montagem das lâminas foi realizada com Entellan.

As lâminas foram examinadas em toda sua extensão em busca de alterações histológicas no tecido branquial, sempre comparando estas alterações com o padrão de organização do tecido normal a partir de peixes mantidos em condições laboratoriais controladas, em aquários mantidos com água de qualidade para consumo humano (experimento laboratorial). Imagens digitais foram obtidas em câmera digital por meio de software para captura de imagens digitais utilizando aumento de 40X. Foram obtidas imagens de 10 campos ao acaso por animal.

Para as análises histológicas, utilizou-se o programa Image-Pro Plus 4.5. Com base na análise quantitativa das alterações, utilizou-se a frequência percentual das lesões para discriminar as lesões pelo grau de severidade, classificadas como grau I, II ou III, para assim se poder inferir sobre o efeito que a água das microbacias com diferentes sistemas de manejo podem estar exercendo nas brânquias dos peixes coletados, afirmando ou não sobre o grau de contaminação das águas de cada sistema produtivo.

2.6. Análises morfométricas e morfológicas

As secções histológicas foram utilizadas para as análises morfométricas e a descrição das características morfológicas das brânquias. Para as análises morfométricas, realizaram-se medidas da espessura de dez lamelas primárias e dez vasos sanguíneos por animal, em três regiões distintas (base, terço médio e ápice) e medidas do comprimento das lamelas secundárias nas mesmas regiões (base, terço médio e ápice), além da identificação e quantificação dos focos de hemorragia, aneurismas, células de muco e pontos de tecido coincidentes com o tecido branquial sadio e alterado, buscando inferir sobre a qualidade da água em cada sistema produtivo. Para esse fim, foi utilizado um retículo micrométrico com 1 mm² de área no programa Image-Pro Plus 4.5.

Além desses parâmetros, as lâminas foram descritas morfológicamente com o objetivo de se avaliar a estrutura do órgão quanto ao percentual de fusão da lamela secundária, podendo ser parcial ou total (unilateral ou bilateral), que são lesões frequentes em resposta à contaminação ambiental.

2.7. Análises estatísticas

As variáveis quantitativas foram submetidas aos testes de normalidade (Lilliefors) e homocedasticidade (Cochran e Bartlett) e, posteriormente, à análise de variância. Quando apresentaram significância, realizou-se o teste de Duncan ($P < 0,05$) para comparar as médias entre tratamentos. Todos os testes foram realizados através do Software Statistica 7.0. Quando os dados não apresentaram uma distribuição normal foi utilizado o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. $P < 0,05$ foi utilizado como critério de significância.

2.8. Normas de conduta para uso de animais na pesquisa

A presente pesquisa foi aprovada pela Comissão de Ética no Uso de Animais da UFV, e todos os procedimentos realizados seguiram as “Normas de Conduta para o Uso de Animais

no Ensino, Pesquisa e Extensão do DVT”. O médico veterinário responsável pelo presente trabalho foi o Prof. Laércio dos Anjos Benjamin (CRMV-MG 3387).

3. Resultados

3.1. Estudo biométrico

3.1.1. Peso corporal

As medidas de peso corporal dos lambaris (*Astyanax bimaculatus*) estão apresentadas na tabela 1. De forma geral, os peixes ganharam peso ao longo do experimento, em especial os peixes mantidos em laboratório sobre condições controladas com ganho de 1,71g. Os peixes das microbacias sob manejo agroecológico apresentaram maior ganho de peso AG_F (1,12g), AG_L (0,98g), em relação aos peixes das microbacias convencionais CN_M(0,57g). Apenas na microbacia CN_C não foi verificado ganho de peso dos peixes ao longo do experimento.

Tabela 1. Valores médios (n = 10) ± desvio padrão do peso (g) corporal de lambaris (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	3.35±0.81	4.77±1.10	4.69±0.91	5.06±0.97
AG_F	1.79±0.43	2.25±0.64	2.81±1.03	2.91±1.07
AG_L	2.09±0.32	1.55±0.39	3.14±1.81	3.07±1.86
CN_M	2.42±0.69	2.05±0.42	2.28±0.38	2.99±1.74
CN_C	2.11±0.40	2.83±1.14	2.29±0.99	2.07±0.45

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.1.2. Comprimento total

As médias de comprimento total dos lambarias (*Astyanax bimaculatus*) estão apresentadas na Tabela 2. Em todas as microbacias os peixes apresentaram ganho de

comprimento total ao longo do período experimental de 28 dias, com destaque para microbacia AG_F que apresentou maior ganho de comprimento ao longo do experimento. Os peixes nas microbacias convencionais apresentaram menor acréscimo de comprimento total CN_C (0,11cm), CN_M (0,22cm) ao longo do experimento em relação aos peixes nas microbacias agroecológicas AG_L(0,61cm), AG_F (0,90cm).

Tabela 2. Valores médios (n = 10, ± desvio padrão) do comprimento (cm) total de lambaris (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	6.50±0.42	7.31±0.56	7.18±0.49	7.36±0.41
AG_F	4.78±0.32	5.19±0.47	5.49±0.61	5.68±0.71
AG_L	4.98±0.14	4.72±0.46	5.68±1.09	5.59±1.17
CN_M	5.29±0.42	5.06±0.28	5.29±0.27	5.51±0.79
CN_C	4.97±0.272	5.59±0.79	5.16±0.51	5.08±0.38

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.1.3. Comprimento padrão

Tabela 3. Valores médios (n = 10; ± desvio padrão) do comprimento (cm) padrão de lambaris (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	5.53±0.34	6.11±0.51	5.96±0.37	6.14±0.37
AG_F	3.99±0.32	4.32±0.35	4.62±0.51	4.81±0.61
AG_L	4.18±0.19	3.92±0.38	4.84±0.92	4.79±1.04
CN_M	4.39±0.35	4.23±0.23	4.41±0.22	4.60±0.66
CN_C	4.13±0.22	4.61±0.61	4.38±0.40	4.27±0.31

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

As medidas de comprimento total dos lambaris (*Astyanax bimaculatus*) estão apresentadas na Tabela 3. Em todas as microbacias os peixes apresentaram ganho de comprimento padrão ao longo do tempo, apresentado maior comprimento padrão na coleta 4, realizada após 28 dias de experimento, com destaque para microbacia AG_F que apresentou

maior valor de comprimento padrão. O experimento nas microbacias convencionais CN_C (0,14cm), CN_M (0,21cm) apresentaram menor acréscimo de comprimento padrão ao longo do experimento em relação as microbacias agroecológicas AG_L (0,61cm), AG_F (0,82cm).

3.1.4. Fator de condição

Os valores médios de fator de condição estão apresentados na Tabela 3. Em todas as microbacias os peixes apresentaram redução no índice ao longo dos 28 dias de experimento, apresentado menor índice na coleta 4 em relação a coleta 1. Apenas o experimento laboratorial apresentou acréscimo no índice. O experimento na microbacia AG_L apresentou a maior taxa de redução do índice (-0,47) ao longo do tempo.

Tabela 4. Valores médios (n = 10; ± desvio padrão) do fator de condição de lambaris (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	1.92±0.15	2.04±0.22	2.17±0.08	2.15±0.13
AG_F	2.73±0.17	2.66±0.13	2.68±0.11	2.47±0.21
AG_L	2.84±0.18	2.48±0.19	2.45±0.17	2.37±0.11
CN_M	2.75±0.15	2.66±0.15	2.65±0.24	2.51±0.14
CN_C	2.94±0.22	2.69±0.10	2.45±0.29	2.59±0.14

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.2. Estudo Histológico: morfológico e morfométrico

3.2.1. Proporção de tecido sadio/doente

Na Tabela 5 estão apresentados os valores percentuais de tecido sadio e doente nas brânquias analisadas, levando-se em consideração as lesões de grau de severidade I e II que foram quantificadas. Não foram encontradas lesões de índice III.

Em todas as coletas, os peixes nas microbacias agroecológicas apresentaram maior percentual médio de tecido branquial sadio em relação ao tecido doente que as microbacias

convencionais e que o experimento laboratorial, com destaque para microbacia AG_F que obteve resultados acima de 80% de tecido branquial sadio em todas as coletas.

Os indivíduos das microbacias convencionais apresentaram maior incidência de lesões de índice I e II (Tabela 5). As lesões de índice II ocorreram de 5 à 10 vezes mais nos peixes das microbacias sob manejo convencional. Apenas os peixes da microbacia CN_M, na coleta 1 apresentaram maior proporção de tecido doente que sadio.

Tabela 5. Proporção (%) média (n = 6) de tecido branquial sadio/doente de lambaris (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1			Coleta 2			Coleta 3			Coleta 4		
	Sadio	Doente		Sadio	Doente		Sadio	Doente		Sadio	Doente	
		I	II		I	II		I	II		I	II
LAB	66.01	17.67	16.32	63.64	19.66	16.69	76.11	13.70	10.20	82.25	10.30	7.44
AG_F	84.83	10.63	4.54	87.53	9.54	2.93	80.92	11.13	7.95	80.57	12.84	6.59
AG_L	77.52	17.59	4.89	81.35	14.45	4.20	87.44	9.84	2.72	82.09	15.30	2.62
CN_M	44.37	22.91	32.72	73.27	16.26	10.47	63.40	15.89	20.71	63.36	18.63	18.01
CN_C	52.60	23.45	23.95	72.98	15.90	11.12	52.92	19.45	27.63	63.29	22.16	14.55

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.2.2. Sistema vascular

A análise da morfologia do sistema vascular está apresentada nas Tabelas 6, 7 e 8, com valores médios de espessura do vaso nos terços basal, médio e apical dos animais coletados.

Tabela 6. Média (n = 6; ± desvio padrão) da espessura (µm) da parte basal do sistema vascular de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	28.52±12.58 _{Aab}	31.78±13.31 _{Aa}	32.91±8.42 _{Aa}	28.55±9.76 _{Ab}
AG_F	22.85±10.17 _{ABa}	21.42±13.71 _{Ab}	28.14±11.98 _{Ba}	19.81±12.42 _{Aa}
AG_L	31.73±18.55 _{Aab}	31.69±12.97 _{Aa}	29.13±13.23 _{Aa}	21.23±11.98 _{Bac}
CN_M	31.59±14.05 _{Aab}	29.61±16.26 _{Aab}	30.75±17.67 _{Aa}	26.85±12.95 _{Abc}
CN_C	39.20±18.76 _{Ab}	27.76±15.63 _{Bab}	28.25±12.05 _{ABa}	26.63±13.69 _{Babc}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

Em todas as coletas, para AG_F, foram encontradas as menores espessuras médias do sistema vascular na porção basal (Tabela 6) do sistema vascular branquial, entretanto não verificou-se diferenças significativas (P<0,05) em todas coletas. Diferenças significativas (P<0,05) foram encontradas ao longo do tempo para as microbacias AG_L e CN_C, onde os peixes apresentaram redução da espessura do sistema vascular.

Tabela 7. Média (n = 6; ± desvio padrão) da espessura (µm) do terço médio do sistema vascular de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	27.98±10.12 _{Aab}	31.24±13.20 _{Ab}	30.88±9.69 _{Ab}	27.24±10.92 _{Ab}
AG_F	24.31±10.17 _{Aa}	16.90±11.10 _{Ba}	25.20±12.14 _{Aa}	18.64±11.12 _{Ba}
AG_L	31.35±18.87 _{Aab}	28.58±10.26 _{Ab}	28.20±11.31 _{Aab}	19.79±11.97 _{Ba}
CN_M	36.80±17.87 _{Ab}	31.38±20.35 _{Ab}	31.02±16.44 _{Aab}	28.45±14.33 _{Ab}
CN_C	36.81±21.24 _{Aab}	28.75±18.82 _{Ab}	29.84±13.42 _{Aab}	26.75±14.61 _{Ab}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

As menores espessuras do terço médio do sistema vascular foram encontradas nos peixes das microbacias agroecológicas, onde verificou-se diferenças significativas em relação as microbacias convencionais (P<0,05) apenas na coleta 3.

Tabela 8. Média (n = 6; ± desvio padrão) da espessura (µm) do terço apical do sistema vascular de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	28.43±10.26 _{Aab}	30.20±11.73 _{Aa}	29.48±10.77 _{Aa}	28.38±10.59 _{Aa}
AG_F	25.96±10.34 _{Aa}	19.63±13.02 _{Bb}	24.66±12.07 _{ABa}	23.56±14.88 _{ABb}
AG_L	32.78±18.07 _{Aab}	30.69±11.55 _{Aa}	27.93±12.00 _{ABa}	21.28±9.90 _{Bb}
CN_M	35.55±14.06 _{Ab}	26.53±14.45 _{Ba}	33.44±16.11 _{ABa}	24.13±10.13 _{Bab}
CN_C	34.01±17.13 _{Aab}	23.39±13.32 _{Bb}	29.51±12.65 _{ABa}	20.32±9.21 _{Bb}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

Ao longo do tempo, apenas os indivíduos das microbacias agroecológicas apresentaram redução significativa ($P < 0,05$) da espessura do sistema vascular no terço médio (Tabela 7).

O terço apical do sistema vascular seguiu a mesma tendência dos terços basal e médio, apresentando menores espessuras para as microbacias agroecológicas (Tabela 8), entretanto verificou-se diferenças significativas ($P < 0,05$) entre as microbacias apenas nas coletas 1 e 2.

3.2.3. Lamela primária

Os valores de espessura média das lamelas primárias nos terços basal, médio e apical dos indivíduos coletados nas diferentes microbacias estão apresentados nas Tabelas 9, 10 e 11.

Os peixes da microbacia agroecológica AG_F obtiveram menores valores de espessura da lamela primária no terço basal (Tabela 9), apresentando diferenças significativas ($P < 0,05$) nas coletas 1 (76.97 μm) e 2 (77.18 μm). Ao longo do tempo, de forma geral, a tendência foi de diminuição da espessura do terço basal da lamela primária, com exceção para o experimento laboratorial, onde os peixes apresentaram aumento da espessura da coleta 1 (56.25 μm) em relação a coleta 4 (95.01 μm).

Tabela 9. Média ($n = 6$; \pm desvio padrão) da espessura (μm) do terço basal da lamela primária de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	56.25 \pm 26.91 _{Ad}	66.34 \pm 21.06 _{Ab}	97.71 \pm 22.09 _{Ba}	95.01 \pm 19.56 _{Ba}
AG_F	76.97 \pm 16.03 _{Ab}	77.18 \pm 27.61 _{Abc}	90.32 \pm 16.78 _{Ba}	78.66 \pm 22.80 _{Ab}
AG_L	133.11 \pm 30.77 _{Aa}	101.00 \pm 27.04 _{Ba}	102.95 \pm 25.46 _{Ba}	84.61 \pm 19.54 _{CaB}
CN_M	115.61 \pm 28.46 _{Aac}	86.17 \pm 28.22 _{Bac}	102.35 \pm 36.75 _{ABa}	86.87 \pm 29.37 _{Bab}
CN_C	94.47 \pm 25.78 _{Abc}	82.33 \pm 28.18 _{Aa}	86.23 \pm 20.25 _{Aa}	80.21 \pm 26.08 _{Ab}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

A porção média da lamela primaria (Tabela 10) apresentou comportamento diferente das demais partes da lamela primaria, onde os indivíduos mantidos em AG_L obtiveram as maiores espessuras nas coletas 1 e 2 e 3, com (133.11 µm), (101.00 µm) e (102.95 µm) respectivamente, entretanto com menor resultado na coleta 4 (84.61 µm).

Tabela 10. Média (n = 6; ± desvio padrão) da espessura (µm) do terço médio da lamela primaria de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	52.93±22.01 _{Ac}	69.43±21.84 _{Bb}	97.16±24.22 _{Cab}	91.53±18.11 _{Ca}
AG_F	75.95±17.43 _{ABb}	69.78±23.19 _{Ab}	87.31±15.55 _{Bab}	77.68±23.10 _{Ab}
AG_L	133.91±33.61 _{Aa}	101.32±28.16 _{Ba}	104.12±27.44 _{Ba}	76.96±16.26 _{Cab}
CN_M	114.79±29.02 _{Aa}	79.06±30.64 _{Bb}	100.91±36.65 _{A_{Cab}}	84.76±31.19 _{B_{Cab}}
CN_C	85.98±29.43 _{Ab}	76.83±27.22 _{Ab}	84.28±17.09 _{Ab}	80.29±26.02 _{Ab}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si (P<0,05); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

De forma geral, os peixes da microbacia AG_F apresentaram as menores médias em todas coletas, coleta 1 (75.95 µm), coleta 2 (69.78 µm), coleta 3 (87.31 µm) e coleta 4 (77.68 µm), para porção média da lamela primaria (Tabela 10), apesar de não terem sido verificadas diferenças significativas (P>0,05) em alguns casos.

As melhores médias, para porção apical da lamela primaria foram apresentadas pelos indivíduos das microbacias AG_F, coleta 1 (79.27µm), coleta 2 (71.41µm), coleta 3 (86.84 µm) e coleta 4 (79.04µm), e para CN_C, coleta 1 (83.32µm), coleta 2 (74.17µm), coleta 3 (80.83µm) e coleta 4 (73.15µm) que não diferiram entre si (P>0,05), para nenhuma das coletas. As piores médias foram registradas nas microbacias AG_L coleta 1 (133.28µm), coleta 2 (98.23µm), coleta 3 (103.33µm) e coleta 4 (82.20µm) e para CN_M, coleta 1 (116.56µm), coleta 2 (81.18µm), coleta 3 (107.66µm) e coleta 4 (89.46µm), que também não apresentaram diferenças entre si (P>0,05), na maioria das coletas. De forma geral, em todas microbacias os peixes apresentaram tendência de redução da espessura da lamela primaria ao longo do tempo.

Tabela 11. Média (n = 6; desvio padrão) da espessura (μm) do terço apical da lamela primária de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	56.12 \pm 24.18 _{Ac}	70.71 \pm 20.76 _{Bb}	94.51 \pm 24.29 _{Cab}	93.21 \pm 22.16 _{Ca}
AG_F	79.27 \pm 15.76 _{Ab}	71.41 \pm 25.24 _{Bb}	86.84 \pm 18.00 _{Aab}	79.04 \pm 18.79 _{ABb}
AG_L	133.28 \pm 33.61 _{Aa}	98.23 \pm 30.83 _{BCa}	103.33 \pm 27.53 _{Ba}	82.20 \pm 17.83 _{Cab}
CN_M	116.56 \pm 28.12 _{Aa}	81.18 \pm 28.53 _{Bb}	107.66 \pm 36.26 _{ACa}	89.46 \pm 30.45 _{BCab}
CN_C	83.32 \pm 22.54 _{Ab}	74.17 \pm 23.63 _{Ab}	80.83 \pm 15.80 _{Ab}	73.15 \pm 20.82 _{Ab}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.2.4. Fusão da lamela secundária

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados percentuais de fusão das lamelas secundárias das brânquias dos lambaris (*Astyanax bimaculatus*). Os peixes da microbacia AG_F apresentaram maior porcentagem de brânquias sadias que os peixes das microbacias convencionais coleta 1 (75/) coleta 2(76,67/) coleta 3(48,33/) coleta 4(68,33/) e praticamente não apresentaram fusão total bilateral, ocorrendo apenas nas coletas 2 (1,67/) e coleta 3 (5,00/).

Em praticamente todas as coletas as microbacias convencionais apresentaram maior porcentagem de peixes com algum tipo de fusão lamelar do que lamelas sadias, com exceção para CN_M na segunda coleta, com 58,33/ de peixes com brânquias sadias.

Apenas para microbacia AG_L foi verificada tendência de diminuição das fusões das lamelas secundárias ao longo do experimento, com 20/ de brânquias sadias na coleta 1 e 90/ na coleta 4.

Tabela 12. Proporção (✓) de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*) (n=6), com fusão da lamela secundária, Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Ausente	Parcial	Unilateral	Bilateral
COLETA 1				
LAB	23.33	36.67	6.67	33.33
AG_F	75.00	20.00	5.00	0.00
AG_L	20.00	46.67	11.67	21.67
CN_M	35.00	21.67	23.33	20.00
CN_C	43.33	28.33	15.00	13.33
COLETA 2				
LAB	6.67	20.00	38.33	35.00
AG_F	76.67	16.67	5.00	1.67
AG_L	48.33	35.00	15.00	1.67
CN_M	58.33	23.33	13.33	5.00
CN_C	43.33	40.00	15.00	1.67
COLETA 3				
LAB	16.67	43.33	26.67	13.33
AG_F	48.33	41.67	5.00	5.00
AG_L	68.33	21.67	10.00	0.00
CN_M	18.33	48.33	18.33	15.00
CN_C	8.33	35.00	35.00	21.67
COLETA 4				
LAB	28.33	56.67	5.00	10.00
AG_F	68.33	21.67	10.00	0.00
AG_L	90.00	6.67	3.33	0.00
CN_M	43.33	31.67	10.00	15.00
CN_C	43.33	33.33	16.67	6.67

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.2.5. Aneurismas

Os resultados da quantificação de aneurismas encontrados estão apresentados na tabela 13. Os peixes do experimento laboratorial não apresentaram aneurismas em nenhuma das coletas.

Os peixes das microbacias convencionais mostraram os piores resultados em todas as coletas com total de 25 aneurismas identificados em CN_C e 17 aneurismas em CN_M, ao final

do experimento, o que representa 3 à 4 vezes maior incidência desse tipo de lesão que nos peixes das microbacias agroecológicas, que quantificaram um total de 6 aneurismas em AG_F e 4 aneurismas em AG_L.

Tabela 13. Quantificação média (n=6) dos aneurismas de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	0	0	0	0
AG_F	2	1	4	0
AG_L	1	2	0	1
CN_M	6	6	4	1
CN_C	10	4	5	6

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

3.2.6. Hemorragias

Os resultados da quantificação dos focos de hemorragia estão apresentados na Tabela 14. Os peixes do experimento laboratorial apresentaram resultados inferiores, com um total de 14 focos de hemorragia, sendo superado apenas pelos peixes da microbacia CN_C na coleta 3, com 7 focos de hemorragia identificados contra 3 dos peixes do experimento laboratorial.

Tabela 14. Quantificação média (n=6) dos focos de hemorragia de brânquias de lambari (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	6	4	3	1
AG_F	0	1	1	2
AG_L	0	1	0	0
CN_M	1	0	1	0
CN_C	4	0	7	1

Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

Os peixes da microbacia CN_C apresentaram maior número de incidência de hemorragias que os indivíduos das demais microbacias, com total de 12 focos ao final dos 28

dias de experimento. Na microbacia agroecológica AG_L verificou-se os melhores resultados, com apenas um foco de hemorragia identificado em todo período experimental.

3.2.7. Células de muco

Os resultados da quantidade média de células de muco presentes nos lambaris (*Astyanax bimaculatus*) estão apresentados na Tabela 15. O experimento laboratorial apresentou resultados inferiores, diferindo estatisticamente ($P < 0,05$) dos demais experimentos na maioria das coletas.

De modo geral, o experimento nas microbacias agroecológicas e convencionais não diferiram entre si quanto a incidência de células de muco, com destaque apenas para AG_F que diferiu das demais, nas coletas 3 e 4.

Tabela 15. Ocorrência média ($n = 6$; \pm desvio padrão) de células de muco de lambaris (*Astyanax bimaculatus*), Bacia do São Joaquim, Araponga MG.

	Coleta 1	Coleta 2	Coleta 3	Coleta 4
LAB	4.07 \pm 3.12 _{BCb}	6.77 \pm 5.17 _{ACb}	3.65 \pm 3.67 _{Bab}	4.15 \pm 6,01 _{Ba}
AG_F	0.58 \pm 0.93 _{Aa}	2.82 \pm 3.18 _{Ba}	1.53 \pm 1.78 _{ABa}	0.85 \pm 1,75 _{Ab}
AG_L	2.3 \pm 3.00 _{Aa}	3.82 \pm 4.02 _{Aa}	2.28 \pm 2.42 _{Aab}	1.83 \pm 3,69 _{Abc}
CN_M	2.07 \pm 2.71 _{Aa}	3.35 \pm 3.45 _{ABa}	5.82 \pm 6.16 _{Bb}	4.1 \pm 6,38 _{Aa}
CN_C	0.53 \pm 0.82 _{Aa}	2.45 \pm 3.03 _{ABa}	3.17 \pm 3.78 _{Bab}	1.91 \pm 2,82 _{Bc}

Valores com a mesma letras maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$); Lab: experimento conduzido em laboratório; AG_F e AG_L, experimentos conduzidos em tanques redes em microbacias sob manejo agroecológico e CN_M e CN_C sob manejo convencional.

4. Discussão

4.1. Estudo biométrico

O fator de condição expressa a resposta do comportamento metabólico em relação as condições ambientais (Lizama & Ambrósio, 2002), e nesse estudo todas as microbacias apresentaram redução no índice (Tabela 4). Isto indica que os indivíduos estudados estavam sobre condições estressantes, provavelmente devido ao confinamento em tanques rede e as grandes variações de temperatura verificadas na época do estudo. Entretanto, o maior ganho do comprimento total, do comprimento padrão e do peso corporal, como verificado nos peixes dos tanques dispostos nas microbacias agroecológicas, em especial para AG_F (Tabelas 1, 2 e 3), indicam que o manejo agroecológico contribuiu para melhores condições de qualidade da água em relação as microbacias convencionais e portanto sendo mais indicado para conservação do ecossistema aquático e para produção de peixes.

4.2. Estudo Histológico: morfológico e morfométrico

4.2.1. Proporção de tecido sadio/doente

Os organismos aquáticos têm capacidade de tolerar e compensar condições de stress subletal quando expostos a agrotóxicos, pois desenvolvem alterações (Pawert et al., 1998), que possuem diferentes graus de severidade de acordo com o tipo de lesão. As necroses, lesões mais severas, de índice III, não foram encontradas em nenhum dos peixes analisados; Entretanto a maior incidência de lesões de índice I e II (Tabela 5), encontradas nas microbacias convencionais indicam sinais de degradação da qualidade da água.

Quando os peixes ficam expostos a tóxicos por um longo período de tempo, apresentam lesões que podem evoluir comprometendo todo tecido epitelial, prejudicando o funcionamento das brânquias e o equilíbrio do ecossistema aquático (Poleksic e Mitrovic-Tutundzic, 1994), como foi o caso da microbacia CN_M, onde em uma das coletas verificou-se maior proporção de tecido doente que sadio, um forte indicio de contaminação por agrotóxicos nessa microbacia.

Os resultados apresentados quanto a proporção entre tecido sadio e tecido doente (Tabela 5) demonstraram que as propriedades agroecológicas apresentaram, em todas as

coletas, maior proporção de tecido sadio em relação às propriedades convencionais, indicando melhores condições de qualidade da água associadas ao manejo agroecológico.

4.2.2. Sistema vascular

Mecanismos de defesa dos peixes em resposta a ocorrência de tóxicos no ambiente levam a respostas secundárias como elevação do epitélio e edema, aumentando a barreira de difusão ao poluente (Garcia-Santos, 2007). Esses mecanismos diminuem o contato do tóxico com as lamelas branquiais, mas também levam a uma diminuição da eficiência de trocas gasosas, causando dificuldade respiratória e vasodilatação compensatória (Moraes, 2011), como observado nas microbacias convencionais, que apresentaram maior espessura do vaso sanguíneo (Tabelas 6, 7 e 8), provavelmente como um mecanismo de defesa à presença de tóxicos na água.

As microbacias com manejo agroecológico além de apresentarem resultados melhores para espessura do sistema vascular nos seus terços basal, médio e apical (Tabelas 6, 7 e 8), com destaque para microbacia AG_F. Nesta microbacia as menores espessuras e a tendência de redução da espessura do vaso sanguíneo ao longo das coletas podem ser interpretadas como um reversão das lesões iniciais, indicando que as propriedades agroecológicas contribuíram para a conservação e principalmente para a melhoria da qualidade da água e do ecossistema aquático.

4.2.3. Lamela primária

Os maiores valores de espessura do sistema vascular encontrado nos peixes das propriedades convencionais (Tabelas 9, 10 e 11) pode ser devido a alterações morfológicas, como descamação do epitélio filamentar e ruptura das células epiteliais que geralmente resultam de uma resposta aguda e direta do agrotóxico no epitélio branquial (Temminck et al.,

1983), indicando, portanto, provável contaminação do de agrotóxicos nas águas das microbacias convencionais.

As melhores médias de espessura da lamela primária encontradas nas microbacias agroecológicas e a tendência de diminuição da espessura média da lamela primária ao longo do tempo verificada na microbacia AG_L (Tabela 9, 10 e 11), indicam, assim como para o sistema vascular, que essas microbacias contribuíram positivamente para conservação e principalmente melhoria da qualidade da água e do ecossistema aquático.

A tendência de aumento da espessura da lamela primária ao longo do tempo no experimento de laboratório indicou que o lambari (*Astyanax bimaculatus*) não se adaptou bem ao cativeiro, apesar de ser uma espécie rústica e que se adapta bem aos diferentes ambientes (Vilela & Hayashi, 2001) e mostrou-se a preferência do mesmo por condições naturais, ainda que em espaço reduzido (os tanques redes utilizados).

4.2.4. Lamela secundária

A maior proporção de tecido lamelar com algum tipo de fusão do que tecido sadio encontrada nos indivíduos mantidos nas microbacias convencionais (Tabela 12), indicou possível contaminação por agrotóxicos nessas microbacias. A fusão lamelar também foi encontrada por Rodrigues (2007) ao avaliar impactos de agrotóxicos na região do Alto Mogi-Guaçu (MG).

A fusão das lamelas secundárias diminui a superfície, prejudicando as trocas gasosas que ocorrem nesses tecidos, prejudicando a fisiologia branquial e do organismo dos peixes e, por serem mudanças progressivas, são consideradas alterações de segundo estágio (Monteiro, 2009), que nesse estudo ocorreram com maior frequência nas microbacias convencionais e, portanto, indicaram condições de contaminação da qualidade da água, provavelmente por agrotóxicos.

4.2.5. Aneurismas

Estudos desenvolvidos por Mallatt et al. (1985), Figueiredo-Fernandes et al. (2007) e Garcia-Santos (2007) mostram que os aneurismas são resultados de anomalias circulatórias provavelmente causadas pelo efeito de metais pesados e pesticidas orgânicos como o endossulfan nas brânquias dos animais. Os resultados encontrados (Tabela 13) indicam um número muito maior (3 a 4 vezes) de aneurismas nas microbacias convencionais, o que pode ser devido ao uso de agrotóxicos no manejo das microbacias convencionais, o que não ocorre nas microbacias agroecológicas.

4.2.6. Hemorragias

Em consequência da presença de tóxicos na água, pode ocorrer fusão e dilatação dos capilares lamelares como um mecanismo de defesa e em virtude da diminuição da superfície lamelar, as trocas gasosas são prejudicadas, o que é compensado com a expansão do sistema vascular (Kubtiza 1997), que por estarem fragilizados, podem se romper, ocasionando o aparecimento de focos de hemorragia entre as lamelas das brânquias (Moraes, 2011), como descrito para microbacia CNc, que obteve maior número de focos de hemorragia, uma microbacia em que observou-se o uso de agrotóxicos próximo aos tanques de piscicultura onde foi desenvolvido o experimento, isto causou, possivelmente, o maior número de focos de hemorragia encontrado nos peixes (Tabela 14).

O maior número de focos de hemorragia em condições de laboratório indicam condições de estresse, provavelmente causadas pelo ambiente de confinamento dos aquários onde os peixes foram mantidos.

4.2.7. Células de muco

As células de muco tem função excretora e aumentam em quantidade como um mecanismo de defesa quando os peixes ficam expostos a agentes tóxicos (Machado, 1999). A maior quantidade de células de muco encontrada no experimento laboratorial,

possivelmente ocorreu devido a condições de estresse, efeito semelhante foi verificado por Moraes (2011). Ainda segundo a mesma autora, as brânquias de peixes expostas a maior concentração de tóxicos apresentam aumento da quantidade de células de muco, como ocorreu para microbacia CN_c.

As menores quantidades e a diminuição da ocorrência de células de muco ao longo do tempo nos indivíduos da microbacia agroecológica AG_F indicam que a água nessa bacia possui boa qualidade, como mostrado no Cap. 3.

5. Considerações finais

O estudo conduzido apresentou menor incidência de alterações histológicas, morfológicas e morfométricas nos peixes mantidos nas microbacias agroecológicas quando comparados aos peixes mantidos nas convencionais, onde são utilizados agrotóxicos, o que indica que o uso de agrotóxico afeta negativamente a qualidade da água sendo uma fonte de contaminação que deve ser evitada e monitorada. As microbacias agroecológicas, com destaque para AG_F, apresentaram melhores resultados, indicando que o manejo adotado nessa microbacia influi positivamente na qualidade da água e por isso deve ser estimulado para conservação e recuperação de bacias hidrográficas.

O experimento conduzido no laboratório muitas vezes apresentou resultados piores que o conduzido nos tanques rede, o que indica que o lambari (*Astyanax bimaculatus*) não é um peixe indicado para cultivo confinado em aquários e tanques rede.

6. Referências bibliográficas

- AGUIAR, M. I. Qualidade Física dos Solos em Sistemas Agroflorestais. Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 2008. 79 p.
- ANJOS, L. R. A.; MARCON, L.; BENJAMIN, L. A. Avaliação da frequência de alterações histológicas nas brânquias de três espécies de peixes em pisciculturas de propriedades com sistema produtivo convencional ou agroecológico da região de Araçuaia-MG. Simpósio de Pesquisa em Medicina Veterinária, Viçosa, MG, Brasil, 2012.
- BRONDI, S. H. G.; LANÇAS, F. M.; Journal Brazilian Chemistry Society. 2005, 16, 650.
- CALDAS, S. S.; GONÇALVES, F. F.; PRIMEL, E. G.; PRESTES, O. D.; MARTINS, M. L.; ZANELLA, R. Principais técnicas de preparo de amostra para a determinação de resíduos de agrotóxicos em água por cromatografia líquida com detecção por arranjo de diodos e por espectrometria de massas. Química Nova, v. 34, n. 9, p. 1604-1617, 2011. (Cardoso, 2002)
- COUTINHO, C. F. B.; TANIMOTO, S. T.; GALLI, A.; GARBELLINI, G. S.; AMARAL, R. B.; MAZO, L. H.; AVACA, L. A.; MACHADO, S. A. S.; Pesticidas: R. Ecotoxicol. e Meio Ambiente 2005, 15, 65
- ELER, M. N.; ESPÍNDOLA, E. G., NOGUEIRA, A. M.; MILANI, T. J. Presença de agrotóxicos na água de mananciais e lagos de pesca em pesqueiros situados na bacia hidrográfica do rio Mogi-Guaçu. Anais IX Congresso Brasileiro de Ecotoxicologia. São Pedro, SP. 221 p., 2006.
- DUARTE, E. M. G., Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica. Dissertação de Mestrado (Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2007. 115 p. (Eler et al., 2006).
- FANTA, E.; RIOS, F. S.; ROMÃO, S.; VIANNA, A. C. C.; FREIBERGER, S. Histopathology of the fish *Corydoras paleatus* contaminated with sublethal levels of organophosphorus in water and food. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 54, p. 119-130, 2003.
- FERNANDES, J. M. Taxinomia e etnobotânica de leguminosae Adans. Em fragmentos florestais e sistemas agroflorestais na Zona da mata Mineira. 2007. 223p Dissertação de Mestrado. Pós-Graduação em Botânica – Universidade Federal de Viçosa, MG, 2007.

- FERRARI, E. A. Desenvolvimento da agricultura familiar: a experiência do CTA-ZM. In: ALVARES V., V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Eds.). O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado. Viçosa: JARD, 1996. p.233-250.
- FIGUEIREDO, A. F.; FERREIRA, J. V. C.; GARCIA, S. S.; MONTEIRO, S. M.; CARROLA, J.; GARCIA, S. S.; MONTEIRO, S. M.; CARROLA, J.; FONTAINHAS, A. F. Alterações histológicas em brânquias de tilápia nilótica *Oreochromis niloticus* causadas pelo cádmio. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 59, p. 376-381, 2007.
- GOSS, G. G.; PERRY, S. F.; WOOD, C. M.; LAURENT, P. Mechanisms of ion and acid-base regulation at the gills of freshwater fish. *Journal of Experimental Zoology*, v. 263, p. 143-159, 1992.
- HOQUE, T. M.; YUSOFF, F. M.; LAW, A. T.; SYED, M. A. Effect of hydrogen sulphide on liver somatic index and fulton's condition factor in *Mystus nemurus*. *Journal of Fish Biology*, v. 52, p. 23-30, 1998.
- HUGHES, G. M. An introduction to the study of gills. In: HOULIHAN, D. F.; RANKIN, J. C.; SHUTTLEWORTH, T. J. *Gills*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982. p. 1-24.
- JOBLING, M. *Environmental biology of fishes*. Londres: Chapman & Hall. 1995. 455p.
- KUBITZA, F. *Tilápia: tecnologia e planejamento na produção comercial*. 1. ed. Jundiaí: Acqua Supre, 2000. 285p.
- LIZAMA, M. de los A. P.; AMBRÓSIO, A. M. Condition factor in nine species of the Characidae family in the upper Paraná river floodplain, Brazil. *Braz. J. Biol.*, v. 62, n. 1, p. 113-124, 2002.
- LUVIZOTTO, M. F. Efeito de diferentes salinidades sobre as células de cloreto e as células secretoras do epitélio branquial do peixe antártico *Nototheniops nudifons* (Lonnberg, 1905). Curitiba, 1994. Dissertação (Mestrado em Biologia Celular) – Setor de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Paraná.
- MONTOYA, L. N. F. Efeitos do endosulfan sobre a morfologia do testículo de tilápia nilótica (*Oreochromis niloticus*) imatura. Dissertação (Mestrado em medicina Veterinária). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 76p. 2008.
- MENDIGUCHÍA, C.; MORENO, C.; GALINDO-RIANO, M.D.; GARCÍA-VARGAS, M. Using chemometric tools to assess antropogenic effects in river water a case study:

- Guadalquivir river (Spain). *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v.515, p.143-9, abr., 2004.
- MERTEN, G. H.; MINELLA, J. P. Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v. 3, n. 4, out./dez. 2002.
- MORIN, Edgar; TERENA, Marcos. Saberes globais e saberes locais: o olhar transdisciplinar. In: *Idéias Sustentáveis*. Rio de Janeiro: Garamond, 2004. 76 p.
- MACHADO, M. R. The use of fish gills as indicators of water quality. *UNOPAR Científica, Ciências e Biologia da Saúde*, Londrina, v. 1, p. 63-76, 1999.
- MORAES, J. C. Uso do lambari (*astyanax bimaculatus*) como bioindicador de contaminação ambiental: efeitos do thiodan® (endosulfan) sobre as brânquias. Dissertação e mestrado (Medicina Veterinária). Viçosa, 2011.
- MEYERS, T.R. e HENDRICKS, J.D. 1985 Histopathology. In: RAND, G.M. e PETROCELLI, S.R. (Ed.) *Fundamentals of aquatic toxicology: methods and applications*. Washington: Hemisphere Pub. P.283-331.
- MATOS, P.; FONTAÍNHAS, A. F. Histopathological changes in liver and gill epithelium of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, exposed to waterborne copper. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, v. 27, p. 103-109, 2007.
- MALLATT, J. Fish gill structural changes induced by toxicants and other irritants: a statistical review. *Canadian of Journal Fisheries Aquatic Sciences*, v. 42, p. 630-648, 1985.
- MONTEIRO, S. M.; ROCHA, E.; MANCERA, J. M.; FONTAÍNHAS-FERNANDES, A.; SOUSA, M. A stereological study of copper toxicity in gills of *Oreochromis niloticus*. *Ecotoxicol. Environmental Safety*, v. 72, p. 213–223, 2009.
- OJHA, J. Fish gills: potential indicators of ecodegradation of aquatic environments. In: MITTAL, A. K.; EDDY, F. B.; DATTAMUNSHI, J. S. (Eds). *Water/air transition in biology*. E.U.A.: Science Publishers, 1999. p. 263 – 279.
- POLEKSIC, V.; MITROVIC-TUTUNDIZIG, V. Fish gills as monitor of sublethal and chronic effects of pollution. In: MULLER, R.; LLOYD, R. *Sublethal and Chronic effects of Pollutants on freshwater fish*. United Nation: Fishing News Books, 1994. cap.30, p. 339-352.
- PAWERT, M.; MÜLLER, E.; TRIEBSKORN, R. Ultrastructural changes in fish gills as biomarker to assess small stream pollution. *Tissue and Cell*, v. 30, p. 617–626, 1998.

- ROMAN, E.E., BECKIE, H., VARGAS, L., HALL, L., RIZZARDI, M.A. & WOLF, T.M. Como funcionam os herbicidas da biologia à aplicação. Passo. Fundo: Gráfica Editora Berthier, 2007. 160 p.
- ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. Anatomia comparada dos vertebrados. São Paulo: Ateneu, 1985.
- RODRIGUES, B. K. Avaliação dos impactos de agrotóxicos na região do Alto Mogi-Guaçu (MG) por meio de ensaios laboratoriais com Danio rerio (Cypriniformes, Cyprinidade). Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 139p. 2007.
- SANCHEZ, P. A. Science in Agroforestry. *Agrof. Syst*, n.30: p.5 - 55, 1995.
- SPADOTTO, C. A.; GOMES, M. A. F.; LUCHINI, L. C.; ANDRÉA, M.M. Monitoramento do risco ambiental de agrotóxicos: princípios e recomendações. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2004. 29 p. (Embrapa Meio Ambiente. Documentos, 42).
- SAYER, M. D. J.; DAVENPORT, J. The relative importance of the gills to ammonia and urea excretion in five seawater and one freshwater teleost species. *J. Fish Biol.*, v. 31, p. 561-570, 1987.
- SANTOS, D. C. M. Toxidez aguda do zinco em *Lambaris Astyanax aff. bimaculatus* (Linnaeus, 1758). Dissertação (Mestrado em Biologia Animal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 111p. 2009.
- SILVA FILHO, P. B. Efeitos do Roundup™ e do Thiodan® em adultos de *Astyanax bimaculatus* (Characidae: Teleostei): valores de CL 50 e morfologia testicular. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 92p. 2010.
- SCHWAIGER, J.; WANKE, R.; ADAM, S.; PAWERT, M.; HONNEN, W.; TRIEBSKORN, R. The use of histopathological indicators to evaluate contaminant-related stress in fish. *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery*, v. 6, p. 75-86, 1997.
- TOLEDO, L.G.; NICOLELLA, G. Índice de qualidade de água em microbacia sob uso agrícola e urbano. *Scientia Agrícola*, Piracicaba, v.59, p.181-6, 2002.
- TEMMINK, J.; BOUWMEISTER, P.; DE JONG, P.; GOERING, P. L.; WAALKES, M. P.; KLAASEN, C. D. An ultrastructural study of chromate-induced hyperplasia in the gills of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquatic Toxicology*, v.4, p.165-179, 1983.

- UETA, J., SHUHAMA, I.K. & CERDEIRA, A.L. Biodegradação de herbicidas e biorremediação: microrganismos degradadores de atrazina provenientes de solos da Região do Aquífero Guarani. *Revista Plantio Direto*. 2001.v. 24, p. 25-30.
- VAN der OOST, R.; BEYER, J.; VERMEULEN, N.P.E. Fish bioaccumulation and biomarkers in environmental risk assessment: a review. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, v. 13, p. 57-149, 2003.
- VEIGA, M. M.; SILVA, D. M.; VEIGA, L. B. E.; FARIA, M. V. C. Análise da contaminação dos sistemas hídricos por agrotóxicos numa pequena comunidade rural do Sudeste do Brasil. *Caderno de Saúde Pública* [online]. v.22, p. 2391-2399, 2006.
- VERBOST, P. M.; SCHOENMAKERS, T. J. M.; FLIK, G.; WENDELAAR BONGA, S. E. Kinetics of ATP and Na + gradient driven Ca +2 transport in basolateral membranes from gills of freshwater and seawater adapted tilapia. *J. Exp. Biol.*, v. 186, p. 95-108, 1994.
- VILELA, C.; HAYASHI, C. Desenvolvimento de juvenis de lambari *Astyanax binaculatus* (Linnaeus, 1758), sob diferentes densidades de estocagem em tanques-rede. *Acta Scientiarum: Biological Sciences*, 2001, Vol.23(0), p.491
- ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. *Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações*. São Carlos: Editora Rima, 2008.478 p.

Capítulo 5

Considerações Finais

Após, anos de transição agroecológica, vivenciados por alguns agricultores da Zona da Mata mineira, muitos benefícios foram observados, sistematizados e apontados por diversos pesquisadores, dentre eles a melhorias na qualidade dos solos, menor dependência de insumos externos, a diversificação da produção e o controle dos processos erosivos.

Esta pesquisa procurou compreender as mudanças na qualidade da água ocorridas em função do manejo agroecológico e relatadas pelos agricultores. O estudo foi conduzido em comunidades rurais localizadas em torno do parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Inicialmente foi realizado um diagnóstico sobre os serviços de saneamento básico em algumas comunidades. Neste diagnóstico verificou-se que a oferta desse serviços é escassa e está longe da universalização, afetando diretamente a qualidade da água dos afluentes dos rios Doce e Paraíba do Sul, que nascem na Serra do Brigadeiro. Para que esta universalização seja possível é preciso buscar alternativas compatíveis com a realidade do meio rural, muitas das quais passam pelo uso de tecnologias sociais e serviços descentralizados, ao contrário do que ocorre nos centros urbanos, onde a alta densidade demográfica exige serviços coletivos.

Em uma das comunidades foram realizadas análises de qualidade de água em microbacias com manejo agroecológico e manejo convencional. As práticas utilizadas no manejo agroecológico incluem sistemas agroflorestais, não uso de agrotóxicos, manejo da vegetação espontânea herbáceas, lotação correta das pastagens e etc. As águas localizadas nas microbacias com manejo agroecológico possuem melhor qualidade, entretanto, o manejo agroecológico ainda é restrito a algumas propriedades e não teve reflexo na qualidade da água em toda bacia hidrográfica. Isto aponta a necessidade de aumentar o número de agricultores a utilizar práticas que contribuam para melhorar a qualidade da água na bacia.

Nas mesmas microbacias onde monitorou-se a qualidade da água também foi realizado um estudo através de peixes como bioindicadores de contaminação da água por agrotóxico. As águas e os peixes das microbacias convencionais apresentaram fortes indícios

de contaminação por agrotóxicos, que podem causar contaminação do solo, ar e água e efeitos adversos no ambiente, além de serem bioacumulados causando a intoxicação humana e trazendo problemas de saúde pública. Portanto, é um grave problema ambiental e social identificado e que pode ser minimizado através do incentivo por formas de agricultura mais saudáveis, como o manejo agroecológico.

Os principais problemas de poluição das águas identificados são associados ao manejo convencional, com destaque para erosão hídrica, o lançamento de esgoto sanitários diretamente no leito dos rios e a contaminação por agrotóxicos. Tais problemas são preocupantes e afetam além da sustentabilidade ambiental a saúde da população rural, portanto, as políticas públicas voltadas para o desenvolvimento rural, saúde e preservação ambiental devem se atentar para tal. No meio rural as tecnologias sociais, como a fossa evapotranspiradora, os filtros biológicos, lagos de maturação, sanitários compostáveis se apresentam como alternativa, por serem soluções individuais que se adequam a baixa densidade demográfica desses locais, além de serem economicamente acessíveis e tecnicamente viáveis.

A transição agroecológica, já em curso por algumas famílias no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, deve ser incentivada como estratégias de desenvolvimento sustentável do meio rural buscando estabelecer novas relações entre as pessoas e a natureza, e dessa forma criar um espaço de convivência social que integre a sustentabilidade ambiental, agrária, econômica, social, política e cultural.

Anexo 1

Roteiro da entrevista semi-estruturada utilizado no capítulo 2

DADOS PESSOAIS	Nome Completo	
	Idade	
	Naturalidade	
	Estado civil	
	Nº de irmãos/irmãs	
	Nº de filhos/filhas	
	Comunidade	
	Há quanto tempo reside na comunidade?	
	Escolaridade	

EDUCAÇÃO

- 1) Tem escola na comunidade? Quantas? Até que nível? A quantos Km ficam?
- 2) Você gosta da escola? Por quê?
- 3) O que você pensa sobre o estudo?
- 4) Você prefere que seus filhos estudem ou trabalhem? Por quê?
- 5) Você vai a alguma reunião ou encontro na escola?
- 6) Você gosta de ler? O quê?
- 7) Você já foi entrevistado, assim como hoje?
- 8) Você sabe o que é educação ambiental?

MEIO AMBIENTE

- 1) Como é a água que você bebe?
- 2) Seu terreno possui nascentes e riachos?
- 3) Pra onde vai o esgoto de sua casa?
- 4) O que você faz com o lixo?
- 5) Pra que você usa o fogo? (Queima de lixo, pasto, mato, etc.)
- 6) Você cozinha com lenha ou gás?
- 7) Onde conseguem lenha? Tem forno de carvão perto?
- 8) Você já enfrentou problemas com incêndio?
- 9) O que você acha do ar que respira?
- 10) E na época seca, quando há queimadas?
- 11) O lugar onde vivem sempre foi como é hoje? Se não, como era?
- 12) Você gostaria de reflorestar alguma área?
- 13) Você conhece e costuma ver que animais?
- 14) Você conhece algum macaco? Qual?
- 15) Já viu algum perto de sua casa?
- 16) Você tem animais em casa? Quais? Quantos?

- 17) O que é meio ambiente pra você?
- 18) Você já viu alguém estudando ou retirando pedras ou minérios?
- 19) Você se lembra da época de “tiração” de madeira?
- 20) Você trabalhou na Companhia? Como era?
- 21) Você conhece o parque? Sabe onde é? Já foi até lá?

AGRICULTURA

- 1) Sua terra é boa? (Problemas: Enxurrada, erosão, terra fraca...)
- 2) Qual uso você faz da terra? (Lavouras, gado, eucalipto, etc.)
- 3) O que você produz?
- 4) Você gostaria de diversificar seu cultivo, aprender novas técnicas?
- 5) Seu café veio de onde?
- 6) Como você faz para ele ficar mais produtivo?
- 7) Como é sua forma de trabalho nas lavouras? (Horários, multirões, troca de serviços...)
- 8) Você vende seus produtos na região?
- 9) Você recebe algum incentivo para a produção de algum produto? (Projetos, recursos...)
- 10) Já recebeu visita da EMATER, CTA, EPAMIG?
- 11) Você usa ou já usou randap?
- 12) Qual o tamanho de sua propriedade?
- 13) Você possui documentos pessoais e da terra?
- 14) Você já teve algum problema com leis?
- 15) Você já teve algum benefícios através da lei?
- 16) Existe algum tipo de organização entre os produtores locais? (Sindicatos, cooperativas, associações, etc.)

ECONOMIA

- 1) Você tem tudo o que gostaria?
- 2) O que você ainda gostaria de ter? Ou o que gostaria que a comunidade tivesse?
- 3) Você tem carro ou moto?
- 4) Alguém da família já se aposentou?
- 5) Qual a melhor maneira de ganhar dinheiro aqui na região?

SAÚDE

- 1) Existe posto de saúde próximo? Fica a quantos Km?
- 2) Como é o atendimento de saúde? Atende à quais comunidades?
- 3) Quais as doenças mais comuns na região?
- 4) Existem campanhas educativas contra doenças?
- 5) As campanhas de vacinação acontecem sempre?
- 6) O posto de saúde orienta sobre como evitar filhos?
- 7) O posto de saúde orienta sobre as DSTs?
- 8) Na comunidade vocês tem problemas com drogas?
- 9) Na comunidade vocês tem problemas de violência?
- 10) O que você costuma comer?
- 11) Você precisa comprar alimentos em vendas ou produz tudo o que consome?
- 12) Você utiliza plantas medicinais?
- 13) A vigilância sanitária já visitou sua casa?

INFRA-ESTRUTURA

- 1) Sua casa possui fossa? Onde fica?
- 2) Você já recebeu algum turista ou viajante? Você gostaria de receber algum turista?
- 3) Como é o transporte até a cidade? E até a escola? E até o posto de saúde?
- 4) Qual é a situação das estradas?

BEM ESTAR SUBJETIVO

- 1) Você se considera feliz?
- 2) O que te deixa feliz?
- 3) Você acha que o mundo está em harmonia?
- 4) Você acredita que nosso futuro será melhor, pior ou igual?
- 5) O que você faria se fosse um Deus por um dia?
- 6) Como é seu dia a dia?

RELIGIÃO E LAZER

- 1) No que você tem fé?
- 2) Você é religioso? Qual sua crença?
- 3) Vocês participam de rezas ou cultos? Você frequenta alguma missa campal?
- 4) Quais festas religiosas você conhece e frequenta? Festas de Padroeiros, Quermesse, etc.
- 5) Como você se diverte aqui na comunidade? Detalhar atividades (esportes, festas, etc...)
- 6) Você ou alguém da família fazem algum tipo de artesanato?
- 7) Você tem interesse em aprender algum artesanato?
- 8) Você assiste TV? Quanto tempo por dia?
- 9) Você escuta rádio?
- 10) Você faz passeios e anda pelas matas, cachoeiras ou pedras?
- 11) O que você gosta de ver quando anda perto de sua casa?
- 12) O que você gosta de mostrar para pessoas que visitam sua casa?