



**FÁBIO JOSÉ GOMES**

**ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO E DE  
SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DO  
PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS,  
SUB-BACIA DAS POSSES, EXTREMA, MG**

**LAVRAS – MG**

**2017**

**FÁBIO JOSÉ GOMES**

**ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO E DE SUSTENTABILIDADE NO  
CONTEXTO DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS, SUB-  
BACIA DAS POSSES, EXTREMA, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para obtenção do título de Mestre.

Orientador  
Dr. Marx Leandro Naves Silva

**LAVRAS - MG  
2017**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Gomes, Fábio José.

Índices de qualidade do solo e de sustentabilidade no contexto  
do pagamento por serviços ambientais, Sub-bacia das Posses,  
Extrema, MG / Fábio José Gomes. - 2017.

128 p. : il.

Orientador(a): Marx Leandro Naves Silva.

.  
Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Qualidade do solo. 2. Sustentabilidade. 3. Conservador das  
águas. I. Silva, Marx Leandro Naves. . II. Título.

**FÁBIO JOSÉ GOMES**

**ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO E DE SUSTENTABILIDADE NO  
CONTEXTO DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS, SUB-  
BACIA DAS POSSES, EXTREMA, MG**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Recursos Ambientais e Uso da Terra, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 14 de setembro de 2017.

Dr. Marx Leandro Naves Silva

UFLA

Dr. Junior Cesar Avanzi

UFLA

Dr. Luís Antônio Coimbra Borges

UFLA

Dr. Humberto Ribeiro da Rocha

USP

Dr. Marx Leandro Naves Silva  
Orientador

**Lavras – MG  
2017**

*A Deus,  
aos meus pais, Napoleão e Aparecida,  
aos meus irmãos, cunhados e sobrinhos,  
à Elidiane,*

*Dedico!!!*

## AGRADECIMENTOS

O caminho foi longo, porém, com a ajuda de Deus, da família, de amigos e professores consegui concluir mais essa etapa. É momento de agradecer a todos que marcaram ao longo dessa caminhada.

Em primeiro lugar a Deus, pela proteção e inspiração, por me dar oportunidades de ir sempre além das minhas expectativas.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), pela acolhida, oportunidades oferecidas na minha graduação e agora no meu mestrado, estendendo-se a todos os professores, alunos e técnicos.

Às agências de fomento à pesquisa CAPES, CNPq (305010/2013-1) e FAPEMIG (APQ 01423-11, CAG PPM 00422-13 e CAG APQ 01053-15) pelas bolsas e recursos financeiros aplicados no estudo.

Ao professor Marx, por seu profissionalismo, ética, boa vontade, disponibilidade e pelos inestimáveis conhecimentos transmitidos na minha orientação.

Aos professores da UFLA Junior Cesar Avanzi e Luís Antônio Coimbra Borges e ao professor da USP Humberto Ribeiro da Rocha por aceitar compor a banca de defesa e pelas inestimáveis contribuições neste estudo.

À Prefeitura Municipal de Extrema MG, e à Secretaria do Meio Ambiente, em nome do Secretário Paulo Henrique Pereira, pelo suporte logístico e financeiro.

Aos moradores da Sub-bacia das Posses que foram por mim entrevistados, pela fraterna e amistosa acolhida. Agradeço imensamente pelo compartilhamento das informações.

Aos colegas da Pós-graduação (Dany da Bahia, Fabio da Bolívia, Adnane do Marrocos, Pedro de Itabirito, Pedro de Ijaci, Bárbara de Diamantina, Bodão de Felício dos Santos, Lucas de São Roque, Bernardo de Patos de Minas) e da Iniciação Científica (Jéssica de Lagoa Santa, Otávio de Poço Fundo, Lucas de Nepomuceno, Tom de Lima de Mococa, Wesley de Jaíba). Enfim, a todos do grupo de pesquisa em Conservação do Solo e Água do DCS/UFLA por este período de convivência que me proporcionou grande aprendizado e possibilitou cultivar boas amizades.

A todos os técnicos do Departamento de Ciência do Solo, em especial à Maria Alice (conterrânea), à Dirce, ao Doroteo e à Dulce.

Aos meus ex-professores e funcionários da Escola Municipal Aníbal Félix da Silva e da Escola Estadual Coronel José Ildefonso em Piranga, MG, por me oferecer a base necessária para continuar na vida acadêmica.

À minha família por me permitir sonhar. Pelos conselhos e incondicional apoio. Principalmente, aos meus pais, Napoleão e Aparecida e aos meus irmãos Flávio e Fabiano, as minhas irmãs Adriana, Alessandra, Andréia e Angélica.

Aos meus queridos sobrinhos (Josiane, Bruna, Aline, Thiago, Gisely, Grasiely, Natiely, Paulo Henrique, Filipe e Júlia) pela grande alegria que me proporcionam. Obrigado pela injeção de ânimo.

À Maira e à Giovana pela amizade.

À querida Lili, pelo apoio e incentivo incondicionais, pelo amor e agradável convivência.

Pelas inúmeras vezes que vocês me enxergaram melhor do que realmente sou.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO GERAL

Para alcançar o equilíbrio entre o uso dos recursos ambientais e a preservação dos serviços ecossistêmicos é necessário conhecer o ambiente e o seu nível de sustentabilidade. A avaliação da qualidade do solo e da sustentabilidade de sub-bacias se mostra como importante ferramenta de gestão de áreas de interesse socioambiental. O presente estudo foi realizado na Sub-bacia das Posses, localizada no município de Extrema, MG, visando contribuir com o conhecimento científico a respeito da qualidade do solo e da sustentabilidade da sub-bacia referência do Projeto Conservador das Águas. A dissertação foi dividida em três artigos. No primeiro artigo foram avaliados e comparados dois métodos de seleção de indicadores e duas metodologias distintas de obtenção do índice de qualidade do solo em relação à erosão hídrica e recarga de água no lençol freático. No segundo artigo foi realizado o diagnóstico socioeconômico e ambiental por meio de indicadores, com o propósito de servir como subsídio aos tomadores de decisão do município e do Projeto Conservador das Águas na sub-bacia. E finalmente, no terceiro artigo avaliou-se o índice de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses, tomando por base, indicadores das dimensões: ambiental, social, econômica e institucional. Na elaboração do estudo foram utilizadas 127 amostras de solo da camada superficial (0-0,20 m) distribuídos pela sub-bacia em uma grade aproximadamente regular para proceder os cálculos dos índices de qualidade do solo (primeiro artigo). Já os indicadores levantados no segundo artigo e para o cálculo do índice de sustentabilidade no terceiro artigo tiveram grande parte dos seus dados provenientes de entrevistas com os proprietários rurais da sub-bacia. Por meio das entrevistas foram identificados e caracterizados os principais aspectos sociais, econômicos, ambientais e institucionais da área. Os resultados revelaram que a Análise de Componentes Principais mostrou-se uma ferramenta eficaz na diminuição do volume de dados a ser utilizado no cálculo da qualidade do solo, contribuindo para a redução do tempo e do custo de análises em laboratório e que o Índice de Qualidade Nemoro calculado a partir do Conjunto Mínimo de Dados foi o modelo mais recomendado à região. Quanto ao diagnóstico socioeconômico e ambiental, verificou-se baixa escolaridade da população adulta (5,37 anos de estudo), todos os produtores rurais da Sub-bacia das Posses se enquadram como pequeno produtor rural, e foi constatada elevada desigualdade social. Os indicadores ambientais levantados evidenciaram boa qualidade ambiental, embora alguns aspectos devam ser melhorados, como por exemplo, plantio em nível dos cultivos e a substituição das fossas negras por sépticas ou pelas bacias de evapotranspiração para que não ocorra contaminação do solo e do lençol freático. A avaliação da sustentabilidade da sub-bacia mostrou os indicadores que obtiveram os piores desempenhos e que devem receber atenção especial do Projeto Conservador das Águas, que são: área com

mata nativa, uso agrossilvipastoril da terra e assistência técnica. Conclui-se com o estudo que o Índice de Qualidade Nemoro calculado a partir do Conjunto Mínimo de Dados apresentou excelente coeficiente de determinação com as perdas de água, possibilitando o uso na decisão de Pagamentos por Serviços Ambientais em conservação do solo e da água pelo Projeto Conservador das Águas e que uma das alternativas a ser adotada para melhoria do nível de sustentabilidade do local, a criação de uma modalidade especial de Pagamento por Serviços Ambientais visando fornecer assistência técnica, ao invés de auxílio financeiro, aos pequenos proprietários da sub-bacia.

Palavras-chave: Segurança do solo e da água. Erosão hídrica. Agricultura familiar.

## GENERAL ABSTRACT

In order to achieve a balance between the use of environmental resources and the preservation of ecosystem services, it is necessary to know the environment and its current level of sustainability. The evaluation of soil quality and the sustainability of a sub-basin may prove to be important tools for managing areas of social and environmental interest. The study area corresponds to the hydrographic Posses sub-basin, located in the Extrema county, Minas Gerais State. The study aim is contribute to scientific knowledge regarding soil quality and the sustainability of the Water Conservation Project in the sub-basin. The dissertation was divided into three articles. The first article is about two methods of selection of indicators and two different methodologies of obtaining the soil quality index in relation to water erosion and water recharge were evaluated and compared. In the second article, a survey of social, economic and environmental indicators was carried out with the purpose of serving as a subsidy to the decision-makers of the municipality and the Water Conservation Project in the sub-basin. Finally, the third article evaluated the sustainability index of the Posses Sub-basin, based on indicators of the environmental, social, economic and institutional dimensions. For the elaboration of this study 127 soil samples of the superficial layer (0-0.20 m) distributed by the sub-basin were used to calculate of soil quality indexes in the first article. The indicators raised in the second article and the sustainability index in the third article had a large part of their data from interviews with the sub-basin's rural owners. Through these interviews were identified and characterized the main social, economic, institutional and environmental aspects of the area. The results showed that the Principal Components Analysis was an efficient tool to decrease data size used to calculate soil quality index, contributing to the reduction of time and cost of laboratory analysis, and the Nemoro Quality Index calculated from the Minimum Data Set was the most recommended models for the region. Regarding the indicators raised in the sub-basin, there was a low level of schooling of the adult population (5.37 years of schooling), and that all rural producers in the Posses Sub-basin are small farmers and high social inequality was observed. The environmental indicators raised have shown good environmental quality, although some aspects need to improved, such as level planting in all crops and the replacement of cesspool by septic tanks or by evapotranspiration tank, to avoid soil and underground water contamination. Assessing the sustainability of the sub-basin, we identified the indicators that obtained the worst performances and that should receive special attention from the Water Conservation Project, which are area with native forest, land use agroforestry and technical assistance. The study concludes that the Nemoro Quality Index calculated from the Minimum Data Set presented an excellent coefficient of determination with water losses. Making it possible to use the

decision on Payments for Environmental Services in soil and water conservation by the Water Conservation Project. An alternative to be adopted to improve the sustainability level of the site is the creation of a special modality of Payment for Environmental Services aiming to provide technical assistance, rather than financial assistance, to the small owners of the sub-basin.

Keywords: Soil and Water security. Water erosion. Family farming.

## SUMÁRIO

	<b>PRIMEIRA PARTE - INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	13
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	16
<b>2.1</b>	<b>O Projeto Conservador das Águas</b> .....	16
<b>2.2</b>	<b>Indicadores e índices</b> .....	17
<b>2.3</b>	<b>Índices de qualidade do solo</b> .....	18
<b>2.4</b>	<b>Índice de Sustentabilidade “Barometer of Sustainability”</b> .....	21
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	23
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	24
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS</b> .....	30
	<b>ARTIGO 1 Avaliação de metodologias de obtenção da qualidade do solo como ferramenta auxiliar ao pagamento por serviços ambientais</b> .....	31
	<b>ARTIGO 2 Diagnóstico socioeconômico e ambiental por meio de indicadores: Estudo de caso na sub-bacia piloto do Projeto Conservador das Águas, Extrema, MG</b> .....	50
	<b>ARTIGO 3 Avaliação da sustentabilidade pelo método “<i>Barometer of Sustainability</i>” da sub-bacia piloto do projeto Conservador das Águas, Extrema, Minas Gerais</b> .....	78
	<b>APÊNDICE A Questionário semiestruturado aplicado na Sub-bacia das Posses</b> .....	109
	<b>ANEXO A Parecer de aprovação da pesquisa emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras</b> .....	125

## **PRIMEIRA PARTE - INTRODUÇÃO GERAL**

## 1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas o mundo experimentou um crescimento populacional sem precedentes. Essa explosão demográfica contribuiu, dentre outros fatores, para o aumento de ocupações irregulares e do uso inadequado do solo. De acordo com *The Food and Agriculture Organization of United Nations* (FAO, 2011) 25% dos solos do planeta estão degradados, colocando em risco diversos sistemas essenciais à produção mundial de alimentos.

No Brasil, algumas medidas têm sido tomadas para tornar a conservação e o manejo dos recursos naturais mais eficientes. Um exemplo, é a instituição das bacias hidrográficas como unidades de estudo e gestão pela Política Nacional de Recursos Hídricos, Lei nº 9.433 de 8 de janeiro de 1997. No Artigo 37 dessa lei ficou estabelecida como área de atuação dos Comitês de Bacia Hidrográfica a totalidade de uma bacia hidrográfica, uma sub-bacia ou ainda um grupo de bacias ou sub-bacias contíguas (BRASIL, 1997).

A partir desse marco jurídico diversos estudos, técnicos e científicos (OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2013; LIMA et al. 2014; 2016) passaram a ser desenvolvidos abrangendo os limites geográficos naturais de bacias e sub-bacias. Na literatura, estudos reportam recorrentes práticas inadequadas de uso e manejo do solo e da água nessas áreas (SILVA, 2006; ALVES et al., 2015; NETO; FERNANDES, 2016). Dentre os principais problemas decorrentes da inobservância do uso e manejo, destaca-se diminuição da sua qualidade do solo, ocasionando queda na produtividade dos plantios e empobrecimento dos produtores. Acarreta também a alteração da qualidade ambiental, como por exemplo, aumento da erosão hídrica, diminuição da recarga do lençol freático e contaminação dos cursos d'água.

Estudos conduzidos por Taffarello et al. (2016) sobre disponibilidade de água e uso da terra, constataram que a mudança da cobertura do solo é crucial no

planejamento das bacias hidrográficas responsáveis pelo Sistema de Abastecimento de Água da Cantareira, São Paulo, Sudeste do Brasil. Segundo os autores os resultados de 17 amostragens indicaram uma possível contaminação por nitrato e uma correlação inversa entre a cobertura florestal e a quantidade de água disponível, apresentando riscos potenciais para a segurança da água.

Embora partir da segunda metade do século XX e início do século XXI tenha tornado mais perceptível a necessidade da busca pela sustentabilidade em todas as áreas e segmentos das atividades humanas, os estudos sobre qualidade do solo no Brasil são recentes. Segundo Cândido et al. (2015) essa temática passou a receber maior atenção apenas a partir da década de 1990.

Entretanto, nos últimos anos a adoção de índices de qualidade do solo como parâmetro de sustentabilidade ambiental tem crescido de forma considerável com a publicação diversos estudos no Brasil (ALVARENGA et al., 2012; FREITAS et al., 2012; CÂNDIDO et al., 2015) e em outros países (ARMENISE et al., 2013; BLECKER et al., 2014; D'HOSE et al., 2014). Segundo Lima et al. (2016) os índices de qualidade do solo apresentam grande potencial para uso na política de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) aos agricultores que prestam serviços de conservação do solo e da água.

O PSA tem sido adotado no município de Extrema, MG em especial na Sub-bacia das Posses, área piloto do Projeto Conservador das Águas, onde os agricultores prestam serviços de conservação do solo e da água e recebem um incentivo financeiro gerenciado pela Prefeitura Municipal. No entanto, a qualidade do solo ainda não é utilizada como uma ferramenta de monitoramento da sustentabilidade das propriedades da sub-bacia.

Tendo em vista que a qualidade do solo pode ser utilizada como ferramenta auxiliar ao PSA e também como indicador de sustentabilidade, os objetivos deste estudo foram: a) avaliar metodologias de obtenção do índice de qualidade do solo em relação à erosão hídrica e recarga de água, b) realizar um

diagnóstico socioeconômico e ambiental da Sub-bacia das Posses que sirva de subsidio aos tomadores de decisão do município e do Conservador das Águas, e,  
c) avaliar o índice de sustentabilidade da sub-bacia das Posses, em Extrema, MG.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 O Projeto Conservador das Águas**

Visando amenizar a degradação ambiental generalizada no Brasil, algumas ações de proteção ao meio ambiente vêm se destacando no cenário nacional nos últimos anos. Um bom exemplo é a iniciativa da Agência Nacional de Águas (ANA) que desenvolveu o programa “Produtor de Água” objetivando concentrar esforços na redução da erosão e assoreamento dos mananciais nas áreas rurais (SILVA et al., 2013). Esse programa é de adesão voluntária e prevê o apoio técnico e financeiro à execução de ações de conservação do solo e da água, como, por exemplo, construção de terraços, bacias de infiltração, readequação de estradas vicinais, saneamento ambiental, recuperação e proteção de nascentes, reflorestamento de áreas de proteção permanente e reserva legal (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA, 2013).

O Projeto “Produtor de Água” da ANA já está sendo aplicado em diversas localidades do Brasil e na cidade de Extrema, MG, apoia o projeto municipal Conservador das Águas, considerado o primeiro projeto de iniciativa municipal no Brasil que realiza o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) aos agricultores familiares, com ênfase na conservação do solo e da água (SILVA et al., 2013). O Conservador das Águas adotou a Sub-bacia das Posses como área piloto por apresentar o menor índice de cobertura vegetal do município.

No projeto de Extrema o PSA é destinado aos produtores rurais que contribuem para a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e para população, sendo considerado como uma alternativa à solução ou minimização da problemática ambiental (AVANZI et al., 2011). Segundo Richards et al. (2015), desde a sua criação em 2005, o projeto conta com mais de 3.000 ha de Mata Atlântica em processo de restauração ecológica

no município de Extrema.

Os bons resultados obtidos fizeram com que o projeto alcançasse destaque nacional e internacional, sendo agraciado várias vezes com premiações no Brasil e no exterior. Destaca-se o “Prêmio Internacional de Dubai para Boas Práticas” do ano de 2013, que teve como vencedores o Conservador das Águas e mais 11 projetos entre aproximadamente 400 concorrentes de todo o mundo (AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS - ANA, 2013).

## **2.2 Indicadores e índices**

O termo indicador pode ser definido como uma medida, em geral, quantitativa, utilizada para ilustrar e demonstrar fenômenos complexos de forma simples, incluindo a sua evolução e progresso ao longo do tempo. Ele revela, dá provas e seu significado se estende além do fenômeno de interesse (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY - EEA, 2005).

Origina-se do latim *indicare*, que significa apontar, descobrir, anunciar, estimar, salientar ou revelar. Indicador é um parâmetro (propriedade medida ou observada) ou valor derivado de parâmetros que fornece informação sobre um determinado fenômeno.

Os autores Bitar e Braga (2013), resumem o conceito de indicador em “o desafio de revelar e comunicar, de maneira simples e objetiva, a ocorrência e a evolução de um determinado fenômeno cujas características são geralmente complexas”. De acordo com Hardi e Barg (1997) a classificação dos indicadores em relação às suas funções, os considera indicadores descritivos, quando resumem medidas individuais em relação à proteção de ecossistemas e divulgam as informações mais relevantes, ou os considera indicadores de desempenho, quando associados a metas pré-estabelecidas.

Em relação ao âmbito utilizado, os indicadores podem ser ambientais, econômicos, sociais e de sustentabilidade, caso englobe as três dimensões anteriores somadas à dimensão institucional, interligando o crescimento com a valorização dos recursos naturais (GUIMARÃES, 2008).

Deste modo, o indicador é uma ferramenta de apoio à decisão, e a sua escolha depende inicialmente das necessidades dos usuários potenciais. Parte-se de um objetivo a partir do qual se identifica a necessidade de informações de apoio à decisão, em que tais informações são os indicadores. As variáveis, então, são escolhidas a partir do que se espera desse indicador (MALHEIROS; COUTINHO, 2013).

Os índices são conjuntos agregados de parâmetros ou de indicadores, contendo pesos (ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT - OECD, 1993). Ou seja, um índice é o valor agregado final de todo um processo de cálculo onde se utilizam, inclusive, indicadores como variáveis que o compõem (SICHE et al., 2007).

### **2.3 Índices de qualidade do solo**

Dentre os índices de qualidade do solo mais utilizados na literatura podemos citar o índice de qualidade do solo conhecido como Índice da Deterioração do Solo (IDS) que foi proposto por Islam e Weil (2000), o Índice de Qualidade Integrado (IQI) proposto por Doran e Parkin (1994) e o Índice de Qualidade Nemoro (IQN) proposto por Qin e Zhao (2000).

No IDS, a utilização de dados dos atributos físicos, químicos e biológicos, coletados em solo de uma área de floresta natural não perturbada foi proposta como referência para montagem de um índice geral da qualidade do solo, pelo fato do solo sob vegetação natural apresentar as condições ecológicas de estabilidade do ambiente (SANTANA; BAHIA FILHO, 2002).

Os atributos de qualidade do solo contribuem equitativamente para a qualidade do solo, sendo atribuído a cada categoria o mesmo peso ponderado, e, os indicadores dentro de cada categoria de atributos têm a mesma importância relativa (ARAÚJO; GOEDERT; LACERDA, 2007). Portanto, solos das matas nativas devem ser considerados como referência aos outros sistemas uso do solo. Segundo Freitas et al. (2012) este índice mostrou-se eficiente em indicar as deteriorações causadas no solo na conversão de sistemas nativos em florestas plantadas, apresentando pouca subjetividade e maior simplicidade de aplicação.

O IQI é gerado a partir de um modelo aditivo que considera as funções principais do solo e os indicadores de qualidade a elas associados, são atribuídos pesos tanto para as funções como para os indicadores, sendo o cálculo processado em duas etapas: primeiro determina-se a qualidade da função principal do solo e depois se determina o índice integrado da qualidade do solo.

Cada função do solo está associada a um conjunto de indicadores de qualidade, selecionados para quantificar o desempenho da referida função no ambiente, e também recebem um peso específico no desempenho da função a que está associado.

No modelo IQI proposto por Doran e Parkin (1994) o índice de qualidade do solo é estabelecido tomando-se como referência uma condição ideal para o pleno desempenho das funções do solo. Esse índice foi utilizado por Melo Filho, Souza e Souza (2007), Freitas et al. (2012) e Cândido et al. (2015). No estudo de Freitas et al., (2012), os autores concluíram que o IQI foi eficiente, identificando as funções principais do solo que apresentavam as melhores e as piores condições nas situações de uso e manejo estudadas. Estudos de Qi et al. (2009) compararam este índice com outros dois e concluíram que o mesmo obteve melhor desempenho recomendando-o como padrão internacional em pesquisas subsequentes.

O IQN baseia-se na média e na pontuação mínima do indicador de

qualidade do solo, sem considerar pesos (QI et al., 2009), sendo que os resultados são afetados pela pontuação mínima do indicador.

Para a padronização das diferentes unidades de medida dos indicadores, são utilizadas funções de pontuação padrão (ANDREWS; KARLEN; MITCHELL, 2002; QI et al., 2009; RAHMANIPOUR et al., 2014).

Essas funções com pontuações variando entre 0,1 e 1 são atribuídas a cada indicador de acordo a sua sensibilidade do tipo: “mais é melhor” e “menos é melhor”, no qual a melhor funcionalidade do solo estaria associada a valores altos e baixos respectivamente (LIEBIG; VARVEL; DORAN, 2001; CÂNDIDO et al., 2015).

O IQN foi aplicado por Cândido et al. (2015) juntamente com o IQI, segundo os autores, o IQN foi o mais recomendável para a avaliação da qualidade do solo, uma vez que elimina qualquer tendência do pesquisador, na atribuição dos pesos aos atributos do solo.

Estudos de espacialização do índice de qualidade do solo (IQS) foram realizados por Lima et al. (2016) utilizando atributos químicos e físicos, além de avaliar a utilização deste índice no pagamento por serviços ambientais na Sub-bacia das Posses, Extrema, Minas Gerais, representativa do Bioma Mata Atlântica. Segundo os autores os valores do IQS foram influenciados tanto pela substituição da mata nativa por povoamento de eucalipto, quanto por pastagens e culturas anuais, refletindo na redução da qualidade do solo na profundidade amostrada nos sistemas avaliados. A espacialização do IQS apresentou valores variando de 0,40 a 0,80, ocorrendo algumas áreas pontuais com elevados índices e algumas com índices iguais a 1,00 (mata nativa). O reflorestamento com eucalipto condicionou solos, em sua maioria, com baixas deteriorações físicas e químicas devido ao acúmulo de serrapilheira. Já os menores valores do IQS estão associados às pastagens com criação extensiva de gado. Os autores

concluíram que o IQS apresenta grande potencial para uso no pagamento de agricultores que prestam serviços de conservação do solo e água.

#### **2.4 Índice de Sustentabilidade “*Barometer of Sustainability*”**

O “*Barometer of Sustainability*” - Barômetro da sustentabilidade - foi desenvolvido por um grupo de especialistas vinculados aos institutos *International Union for Conservation of Nature* (IUCN) e *International Development Research Centre* (IDRC) (RODRIGUES; RIPPEL, 2015).

Esta metodologia vem sendo bastante utilizada (CARDOSO; TOLEDO; VIEIRA, 2016; SILVA; VIEIRA 2016; LOURENÇO; CABRAL 2016; DALCHIAVON; BAÇO; MELLO, 2017) por ser uma ferramenta de fácil manuseio e por mostrar os resultados de maneira simplificada (KRONEMBERGER et al., 2008), pela combinação de aspectos ambientais e socioeconômicos sendo composto de duas partes: bem estar ecológico para os aspectos ambientais e bem estar humano para os aspectos socioeconômicos.

Uma característica importante é a capacidade de combinar indicadores, permitindo aos usuários chegarem a conclusões a partir de dados considerados por vezes, contraditórios (PRESCOTT-ALLEN, 1999, 2001).

A metodologia desenvolvida é realizada por meio de um método hierarquizado, que inicia com a definição do sistema e da meta, e deve chegar aos indicadores mensuráveis e seus critérios de desempenho. Uma escala de desempenho permite que se utilize a medida mais apropriada para cada um dos indicadores. Sendo que o resultado é um grupo de medidas de desempenho, todas utilizando a mesma escala geral, possibilitando, assim, a combinação e a utilização conjunta de indicadores (PRESCOTT-ALLEN, 1999).

O “*Barometer of Sustainability*” é uma ferramenta para a combinação de indicadores e que mostra seus resultados por meio de índices. Estes índices são

apresentados por meio de uma representação gráfica bidimensional (FIGURA 1), procurando facilitar a compreensão e dar um quadro geral do estado do meio ambiente e da sociedade.

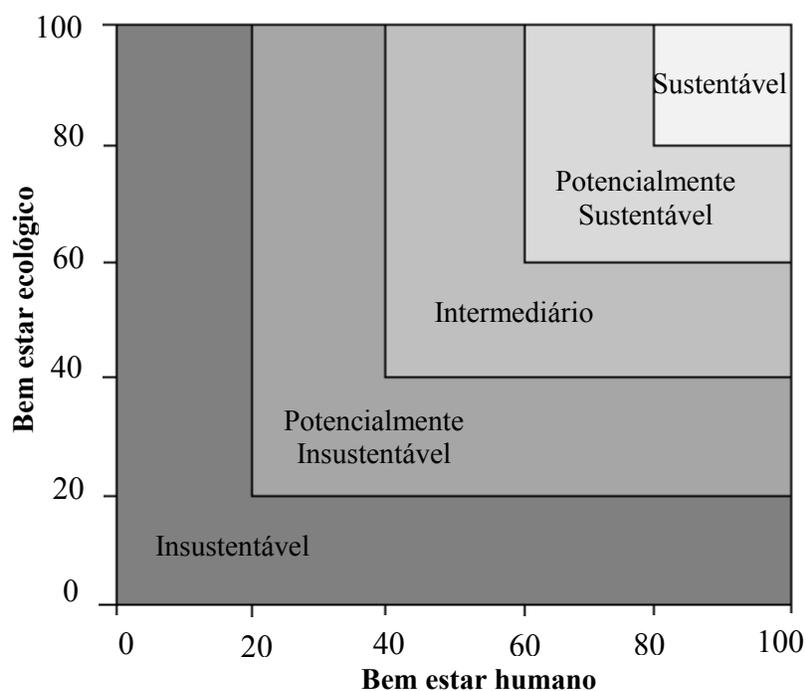


Figura 1 Representação gráfica do método “Barometer of Sustainability”

Representado por uma escala relativa de desempenho, que varia entre 0 e 100, dividida em cinco setores de 20 pontos cada, que indicam condições como ‘insustentável’, ‘potencialmente insustentável’, ‘intermediário’, ‘potencialmente sustentável’ e ‘sustentável’ em um gráfico bidimensional que representa o estado do bem estar humano e o estado do bem estar ecológico. O ponto no gráfico definido pelos valores dos estados do bem estar humano e do bem estar ecológico fornece a situação de sustentabilidade do local considerado.

Estas duas dimensões são conceituadas, por premissa, como equivalentes, considerando que as questões humanas (socioeconômicas) e ambientais são igualmente importantes para alcançar o desenvolvimento sustentável (PRESCOTT-ALLEN, 1999; 2001).

Esta metodologia é destinada às agências governamentais e não governamentais, tomadores de decisão e pessoas envolvidas com questões relativas ao desenvolvimento sustentável, em qualquer nível do sistema, do local ao global (PRESCOTT-ALLEN, 1997).

### **3 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Na sub-bacia das Posses, o Projeto Conservador das Águas tem adotado a política de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) aos proprietários que adotam práticas conservacionistas.

A qualidade do solo na Sub-bacia das Posses poderá se mostrar uma ferramenta auxiliar à política de PSA.

O índice de sustentabilidade poderá apontar qual ou quais das dimensões: ambiental, social, econômica ou institucional, deverão ser melhoradas para se atingir a sustentabilidade, auxiliando nas decisões político-administrativas que envolvam a sub-bacia, e ainda servir de referência para outras áreas com características similares no Brasil.

Este estudo poderá ser um ponto de partida para o monitoramento da sustentabilidade ao longo do tempo na Sub-bacia das Posses, tornando possível a avaliação da eficácia da aplicação de recursos públicos e privados no desenvolvimento sustentável do local.

## REFERÊNCIAS

ALVARENGA C. C. et al. Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (IQSRA) na bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 36, p. 1608-1619, 2012.

ALVES, R. E. et al. Transformações da paisagem da bacia hidrográfica do Ribeirão da Picada, Jataí (GO): uma análise tempo-espacial. **Acta Geográfica**, v. 9, nº. 19, 2015.

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (Brasil). **Programa produtor de água superintendência de usos múltiplos**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2013. Disponível em: <  
<http://www2.ana.gov.br/Paginas/imprensa/noticias.aspx>>. Acesso em 09 Set. 2016.

ANDREWS, S. S.; KARLEN, D. L.; MITCHELL, J. P. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. **Agriculture, ecosystems & environment**. v. 90, n. 1, p. 25-45, 2002.

ARAÚJO, R.; GOEDERT, W. J.; LACERDA, M. P. C. Qualidade de um solo sob diferentes usos e sob cerrado nativo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 31, n. 5, p.1099-1108. 2007.

ARMENISE E. et al. Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. **Soil and Tillage Research**. v. 130, p. 91-98, 2013.

AVANZI, J. C. et al. Pilot plan on ground water recharge. In: Bilibio, Carolina; Hensel, Oliver; Selbach, Jeferson Francisco. (Org.). Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil.1.ed. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa; Unikassel; PGCult/UFMA, 2011. v. 1, p. 207-228.

BITAR, O. Y.; BRAGA, T. O. Indicadores ambientais aplicados à gestão municipal. In: **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. 1ª ed. Barueri, SP: Manole, 2013. 743p.

BLECKER S. W. Development of vegetation based soil quality indices for mineralized terrane in arid and semi-arid regions. **Ecological Indicators**. v. 20, p. 65-74, 2012.

BRASIL. Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 9 jan. 1997.

CÂNDIDO, B. M. et al. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 2, p. 589-597. 2015.

CARDOSO, A. S.; TOLEDO, P. M.; VIEIRA, I. C. G. Barômetro da sustentabilidade aplicado ao município de Moju, Estado do Pará. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 1, 2016.

D'HOSE T. et al. The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. **Applied Soil Ecology**. v.75, p.189-198, 2014.

DALCHIAVON, E. C.; BAÇO, F. M. B.; DE MELLO, G. R. Barômetro de sustentabilidade estadual: uma aplicação na Região Sul do Brasil. **Revista Gestão e Desenvolvimento**, v. 14, n. 1, p. 54-69, 2017.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. Defining soil quality for a sustainable environment. Madison, **Soil Science Society of America**, p.1-20, 1994.

EEA - EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. **EEA core set indicators – Guide**. Luxembourg, 2005. 38 p.

FAO - THE FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. **The state of the world's land and water resources for food and agriculture: managing systems at risk**. Earthcan, 308 p., 2011.

FREITAS D.A.F. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. **Revista Ciência Agronômica**. v. 43, p. 417-428, 2012.

HARDI, P.; BARG, S. Measuring sustainable development: review of current practice. International Institute for Sustainable Development (IISD). **Occasional Paper**, n.17, 1997.

ISLAM, K.R.; WEIL, R.R. Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. **Agriculture Ecosystems and Environment**, New York, v. 79, p. 9-16, 2000.

KRONEMBERGER, D. M. P. et al. Desenvolvimento sustentável no Brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 25-50, 2008.

LIEBIG, M. A.; VARVEL, G. E.; DORAN, J. W. A Simple Performance-Based Index for Assessing Multiple Agroecosystem Functions. **Agronomy Journal**, p. 313-318, 2001.

LIMA, G. C., SILVA, M. L., FIGUEROA, M. S. D., CURI, N., DA SILVA, M. A., & OLIVEIRA, A. H. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 517-526, 2014.

LIMA, G.C.; SILVA, M.L.N.; FREITAS, D.A.F.; CÂNDIDO, B.M.; CURI, N.; OLIVEIRA, M.S. Spatialization of soil quality index in the Sub-Basin of Posses,

Extrema, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.20, n.1, p.78–84, 2016.

LOURENÇO, M. S. M.; CABRAL, J. E. O. Apicultura e sustentabilidade: visão dos apicultores de Sobral (CE). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 93, 2016.

MALHEIROS, T. F.; COUTINHO, S. M. V.; J. R., A. P. Indicadores de sustentabilidade: uma abordagem conceitual. In: **Indicadores de Sustentabilidade e Gestão Ambiental**. 1ª ed. Barueri, SP: Manole. 743 p. 2013.

MELO FILHO, J. F.; SOUZA, A. L. V.; SOUZA, L. S. Determinação do índice de qualidade subsuperficial em um Latossolo Amarelo coeso dos Tabuleiros Costeiros, sob floresta natural. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 31, n. 6, p.1599-1608, nov./dez. 2007.

NETO, M. C. P.; FERNANDES, E. Instabilidade emergente e aspectos de degradação ambiental da bacia hidrográfica do Rio Seridó (RN/PB–Brasil). **Revista de Geografia**, Recife, v. 33, nº. 1, 2016.

OECD - ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. **Environment Monographs n 83 – OECD core set of indicators for environmental performance reviews**. Paris, 1993. 39 p.

OLIVEIRA, A. H. et al. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-bacia do Salto, Extrema, MG. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 143–154, 2012.

PRESCOTT-ALLEN, R. **Assessing progress toward sustainability: the system assessment method illustrated by the wellbeing of nations**. Cambridge: IUCN, 1999.

PRESCOTT-ALLEN, R. **Barometer of Sustainability: Measuring and communicating wellbeing and sustainable development**. in Cambridge: IUCN,

International Union for Conservation of Nature and Natural Resources. 1997.

PRESCOTT-ALLEN, R. **The wellbeing of nations: a country-by-country index of quality of life and the environment.** Washington, DC: Island Press, 2001.

QI, Y. et al. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. **Geoderma**, v. 149, n. 3, p. 325-334, 2009.

QIN, M.Z.; ZHAO, J. Strategies for sustainable use and characteristics of soil quality changes in urban-rural marginal area: a case study of Kaifeng. **Acta Geographica Sinica-Chinese Edition**. v. 55, n. 5, p. 545-554, 2000.

RAHMANIPOUR, F. et al. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. **Ecological Indicators**, v. 40, p. 19-26, 2014.

RICHARDS, R. C. et al. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystem Services**, v. 16, p. 23-32, 2015.

RODRIGUES, K. F.; RIPPEL, R. Desenvolvimento sustentável e técnicas de mensuração. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 73, 2015.

SANTANA, D. P.; BAHIA FILHO, A. C. Qualidade do solo: Uma visão holística. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 27, n. 2, p. 15-18, 2002.

SICHE, R. et al. Índices versus indicadores: Precisões conceituais na discussão da sustentabilidade de países. **Ambiente & Sociedade**, Campinas, v. X, n. 2, p. 137-148, 2007.

SILVA, M.A., FREITAS, D.A.F., SILVA, M.L.N., OLIVEIRA, A.H., LIMA, G.C., CURI, N. Sistema de informações geográficas no planejamento de uso do solo. **Agrária**. v.8, p.316-23, 2013.

SILVA, V. C. S.; VIEIRA, I. C. G. Barômetro da Sustentabilidade aplicado a assentamentos rurais do leste do Estado do Pará, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, p. 201-221, 2016.

TAFFARELLO, D. et al. Field investigations of the 2013–14 drought through quali-quantitative freshwater monitoring at the headwaters of the Cantareira System, Brazil. **Water International**, v.41, n.5, p.776-800, 2016.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS**

Artigo redigido conforme as normas do periódico científico Revista Brasileira de Ciência do Solo (A2) para a qual foi submetido (versão preliminar)

## **ARTIGO 1 AVALIAÇÃO DE METODOLOGIAS DE OBTENÇÃO DA QUALIDADE DO SOLO COMO FERRAMENTA AUXILIAR AO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS**

### **RESUMO**

A avaliação quantitativa da qualidade do solo é uma importante ferramenta na determinação da sustentabilidade e da qualidade ambiental em sistemas de uso e manejo do solo. Utilizando-se de atributos sensíveis ao manejo, selecionados por diferentes métodos, é possível construir diferentes índices numéricos de qualidade do solo. Nesse sentido, pretendeu-se comparar dois índices de qualidade do solo e dois métodos de seleção de indicadores para os solos da Sub-bacia das Posses, em Extrema, MG. Os índices foram construídos a partir de 127 amostras de solo da camada superficial (0-0,20 m) distribuídos nas cinco classes de solos que ocorrem na sub-bacia. Os dois métodos de seleção de indicadores foram: a opinião de especialistas para compor o Conjunto Total de Dados e a Análise de Componentes Principais para compor o Conjunto Mínimo de Dados. Já os dois índices analisados foram: o Índice de Qualidade Integrado e o Índice de Qualidade Nemoro. Concluiu-se com este estudo que Análise de Componentes Principais mostrou ser uma ferramenta eficaz na diminuição do volume de dados a ser utilizado no cálculo da qualidade do solo, contribuindo para a redução do tempo e do custo de análises em laboratório. O Índice de Qualidade Nemoro calculado a partir do Conjunto Mínimo de Dados apresentou excelente coeficiente de determinação com as perdas de água, sendo o modelo mais recomendado à região. Portanto, é possível o uso deste modelo na decisão de pagamentos por serviços ambientais em conservação do solo e da água pelo Projeto Conservador das Águas.

**Palavras-chave:** sustentabilidade, análise de componentes principais, indicadores de qualidade do solo.

## **EVALUATION OF METHODOLOGIES FOR OBTAINING SOIL QUALITY AS AN AUXILIARY TOOL TO PAYMENT FOR ENVIRONMENTAL SERVICES**

### **ABSTRACT**

The quantitative evaluation of soil quality is an important tool in determining the sustainability and environmental quality of soil. By using management-sensitive attributes, selected by different methods, it is possible to construct different numerical quality indices of soil quality. In regards, it was intended with this study to compare two soil quality indexes and two methods of selection of indicators for the soils of the Posses Sub-basin, in Extrema, Minas Gerais State. The indices were constructed from 127 soil samples of the superficial layer (0-0.20 m) distributed in the five soil classes of the sub-basin. The two methods of selecting indicators were: expert opinion to compose the Total Data Set and Principal Component Analysis to compose the Minimum Set of Data. The two indexes analyzed were: the Integrated Quality Index and the Nemoro Quality Index. This study concluded that Principal Component Analysis showed to be an effective tool in reducing the volume of data to be used in the calculation of soil quality, contributing to reduce the time and cost of laboratory analysis. The Nemoro Quality Index calculated from the Minimum Data Set presented an excellent coefficient of determination with the water losses, being the most recommended model in the region. Therefore is possible the use of this model in the decision of payments for environmental services in soil and water conservation by the Water Conservation Project.

**Keywords:** sustainability; principal components analysis, soil quality indicators

## INTRODUÇÃO

Os estudos sobre qualidade do solo são recentes no Brasil. Segundo Cândido et al. (2015) apenas a partir da década de 1990 que o tema começou a receber atenção. Entretanto, nos últimos anos a adoção de índices de qualidade do solo como parâmetro de sustentabilidade ambiental tem crescido de forma considerável com a publicação diversos estudos no Brasil (Alvarenga et al., 2012; Freitas et al., 2012; Cândido et al., 2015) e em outros países (Armenise et al., 2013; Blecker et al., 2014; D'Hose et al., 2014).

A qualidade do solo em relação à erosão hídrica e à recarga de água têm sido estudada utilizando diferentes metodologias. Silva et al. (2005) avaliaram os atributos físicos: resistência à penetração, estabilidade de agregados, densidade do solo e porosidade como indicadores de qualidade do solo para a Bacia Hidrográfica do Alto Rio Grande. Para a mesma bacia hidrográfica Alvarenga et al. (2012) aplicaram um índice relacionado à recarga de água subterrânea, sendo que o mesmo era uma combinação linear de três indicadores relacionados à permeabilidade de água no solo: macroporosidade, densidade do solo e condutividade hidráulica saturada.

Também técnicas estatísticas multivariadas têm sido utilizadas na avaliação de índices de qualidade do solo. Como exemplos, pode-se citar o trabalho desenvolvido por Nosrati (2013) que avaliou indicadores de qualidade do solo em relação à erosão hídrica em solos com diferentes usos no Irã, e, o desenvolvido por Cândido et al. (2015) que gerou índices de qualidade do solo em relação à erosão hídrica por dois métodos de indexação, analisando a acurácia dos mesmos na discriminação dos diferentes tratamentos.

No Brasil, estudos dessa natureza estão se tornando cada vez mais comuns, especialmente no Sudeste, podendo estar relacionado à intensa escassez hídrica que ocorreu nos anos de 2014 e 2015 e que colocou em risco o abastecimento de centros urbanos como as cidades de São Paulo e Belo Horizonte.

Segundo Lima et al. (2016) os índices de qualidade do solo apresentam grande potencial para uso na política de Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) aos agricultores que prestam serviços de conservação do solo e da água. O PSA é uma tendência que cresce no Brasil, sendo um dos primeiros

incentivos econômicos que instrumentalizou a valoração dos serviços ecossistêmicos que visa substituir o princípio do Usuário-Pagador pelo princípio do Provedor-Recebedor.

Esta mudança de paradigmas está ganhando força no Brasil graças ao Projeto Conservador das Águas, de Extrema, MG. Segundo Zolin et al. (2014) e Richards et al. (2015), o Projeto Conservador das Águas é considerado o primeiro do Brasil a adotar PSA sob a responsabilidade de um município, sendo a Sub-bacia das Posses a área piloto do projeto. Esta sub-bacia faz parte da bacia fornecer água para nove milhões de pessoas da região metropolitana de São Paulo e para três milhões na região metropolitana de Campinas (Extrema, 2015).

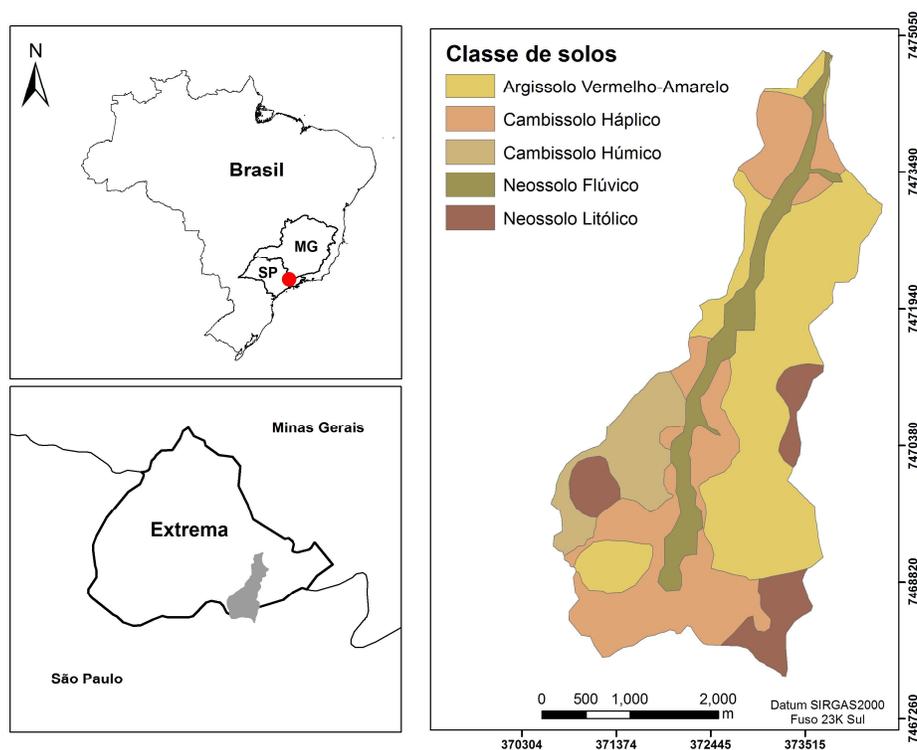
A Sub-bacia das Posses é uma área de relevante interesse socioambiental do Brasil e a avaliação de metodologias de obtenção da qualidade do solo em relação à recarga de água no solo e à minimização da erosão hídrica se mostra necessária para embasar estudos futuros e para o monitoramento ambiental do local.

A hipótese deste estudo é que a qualidade do solo pode ser utilizada como uma ferramenta auxiliar na política de PSA. Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi aplicar e comparar dois métodos de seleção de indicadores e duas metodologias distintas de obtenção do índice de qualidade do solo na Sub-bacia das Posses, em Extrema, MG, utilizando-se atributos de natureza física e química do solo, validando-os com dados de perdas de água da sub-bacia, e ainda, definir o modelo mais adequado para ser utilizado pelo Projeto Conservador das Águas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Caracterização da área de estudo

Extrema é um dos quatro municípios sul-mineiros contribuintes do Sistema Cantareira no estado de São Paulo. A Sub-bacia das Posses é uma das sete que compõem este município que está inserido na Bacia hidrográfica do Rio Jaguari, área de jurisdição referente ao Comitê de Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ). Localiza-se entre as coordenadas UTM 374.500 e 371.500 de longitude E e 7.468.200 e 7.474.800 de latitude S (Datum SAD 69) com altitude variando de 950 a 1.450 m (Figura 1).



**Figura 1.** Localização da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Em termos climáticos, com base na classificação Köppen e estudos de Alvares et al. (2013), apresenta um clima do tipo Cfb, oceânico sem estação seca com verão temperado, pluviosidade média anual de 1.499 mm, com temperaturas médias máxima de 20,2 °C no mês de fevereiro e mínima de 13,5 °C no mês de julho.

A Sub-bacia das Posses possui uma área de 1.196,7 ha com relevo principalmente referente às classes: ondulado e forte ondulado e uso do solo predominante de pastagem extensiva com ausência de práticas conservacionistas (Lima et al., 2014).

Encontra-se inserida no Bioma Mata Atlântica com predominância de cinco classes de solo: Cambissolo Háptico (29 % da área), Cambissolo Húmico (10 %), Argissolo Vermelho-Amarelo (40 %), Neossolo Flúvico (10 %) e Neossolo Litólico (11 %) (Lima et al., 2014).

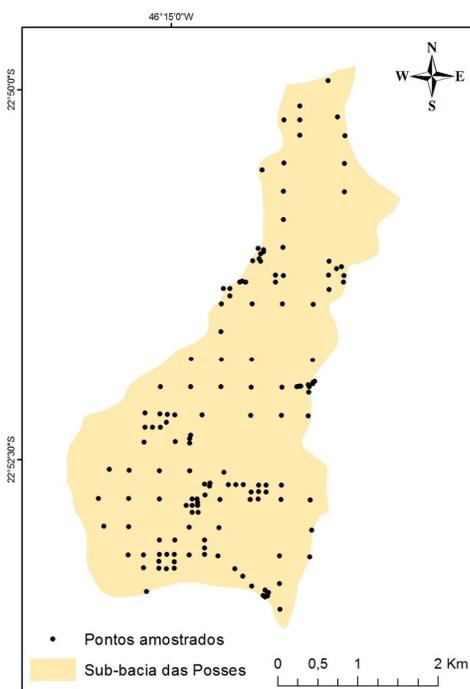
### **Descrição metodológica**

A seleção de indicadores pela opinião de especialistas para compor o Conjunto Total de Dados (CTD) levou em consideração a experiência de pesquisadores da área com base na literatura (Silva et al., 2005; Alvarenga et al., 2012; Cândido et al., 2015). Por outro lado, para selecionar indicadores do Conjunto Mínimo de Dados (CMD) utilizou-se a Análise de Componentes Principais (ACP), uma ferramenta de redução de dados já utilizada em outros estudos de qualidade do solo, quando foram selecionados indicadores de natureza física e química (QI et al., 2009, Yu-Dong et al., 2013; Singh et al., 2014) e biológica (Bartz et al., 2013) do solo. A ACP foi processada pelo *software* R (R Development Core Team, 2016), por meio do pacote *vegan* (Oksanen et al., 2016).

Os indicadores de qualidade do solo escolhidos para compor o CTD foram: areia total (AT), condutividade hidráulica saturada (Ks), volume total dos poros (VTP), macroporosidade (MA), saturação por alumínio (m), diâmetro médio geométrico (DMG), matéria orgânica do solo (MOS) e densidade do solo (DS).

A qualidade do solo (QS) para as cinco classes de solos da Sub-bacia das Posses foi construída a partir de dois índices de qualidade: o Índice de Qualidade Integrado (IQI), modelo proposto por Doran e Parkin (1994) e o Índice de Qualidade Nemoro (IQN), proposto por Qin e Zhao (2000).

Os índices foram construídos a partir dos dados de 127 amostras de solo da camada superficial (0-0,20 m) distribuídos pela sub-bacia em uma grade aproximadamente regular (FIGURA 2).



**Figura 2.** Distribuição dos pontos de coleta de amostra de solos na Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

O IQI foi gerado a partir de um modelo aditivo que considera as funções principais do solo e os indicadores de qualidade a elas associados, sendo atribuídos pesos tanto para as funções como para os indicadores, e seu cálculo foi processado em duas etapas conforme mostram as equações 1 e 2.

$$Q_{FP} = I_1(W_1) + I_2(W_2) + I_n(W_n) \quad (1)$$

$$IQI = Q_{FP1}(W_{FP1}) + Q_{FP2}(W_{FP2}) \quad (2)$$

Em que:

$Q_{FP}$  - qualidade da função principal do solo;

$I$  - escores padronizados dos indicadores de qualidade relacionados a cada função principal;

$W$  - ponderadores relacionados a cada indicador ou a cada função principal;

$IQI$  - índice integrado da qualidade do solo.

Neste estudo foram definidas duas funções do solo: Promover a Recarga de Água no Solo (PRAS) e Minimizar a Erosão Hídrica (MEH).

Para cada função do solo foi assumida a igualdade de importância, com atribuição de peso 0,5 para cada uma delas. A cada função do solo foi associada a um conjunto de indicadores de qualidade, selecionados para quantificar o desempenho da referida função no ambiente, e também receberam um peso específico no desempenho da função a que está associado (Quadros 1 e 2).

**Quadro 1.** Funções principais do solo e indicadores de qualidade, com seus respectivos pesos, para determinação do Índice de Qualidade Integrado do solo utilizando o Conjunto Total de Dados selecionado pela opinião de especialistas, na Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Função Principal <sup>(1)</sup>	Peso da função	Indicador de qualidade	Peso do indicador
PRAS	0,5	AT (g kg <sup>-1</sup> )	0,15
		Ks (mm h <sup>-1</sup> )	0,15
		MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,15
		DS (kg dm <sup>-3</sup> )	0,15
		MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,40
MEH	0,5	Ks (mm h <sup>-1</sup> )	0,10
		VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,10
		MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,10
		m (%)	0,10
		DMG (mm)	0,25
		DS (kg dm <sup>-3</sup> )	0,10
		MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,25

(1) PRAS: Promover a Recarga de Água no Solo, MEH: Minimizar a Erosão Hídrica. AT: areia total, Ks: condutividade hidráulica saturada, VTP: volume total de poros, MA: macroporosidade, m: saturação por alumínio, DMG: diâmetro médio geométrico, DS: densidade do solo, MOS: matéria orgânica do solo.

**Quadro 2.** Funções principais do solo e indicadores de qualidade, com seus respectivos pesos, para determinação do Índice de Qualidade Integrado do solo utilizando o Conjunto Mínimo de Dados selecionado por Análise de Componentes Principais, na Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Função Principal <sup>(1)</sup>	Peso da função	Indicador de qualidade	Peso do indicador
PRAS	0,5	AT (g kg <sup>-1</sup> )	0,30
		Ks (mm h <sup>-1</sup> )	0,50
		VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,20
MEH	0,5	Ks (mm h <sup>-1</sup> )	0,25
		VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	0,15
		m (%)	0,10
		MOS (g kg <sup>-1</sup> )	0,50

(1) PRAS: Promover a Recarga de Água no Solo, MEH: Minimizar a Erosão Hídrica. AT: areia total, Ks: condutividade hidráulica saturada, VTP: volume total de poros, m: saturação por alumínio, MOS: matéria orgânica do solo.

O IQN proposto por Qin e Zhao (2000), baseia-se na média e na pontuação mínima do indicador de qualidade do solo, sem considerar pesos (Qi et al., 2009), sendo que os resultados são afetados pela pontuação mínima do indicador (Van Der Ploeg et al., 1999).

Após padronização das unidades dos indicadores foi obtido o IQN utilizando a equação 3.

$$IQN = \sqrt{\frac{P_{med}^2 + P_{min}^2}{2}} \times \frac{n-1}{n} \quad (3)$$

Em que:

$P_{med}$  - média das pontuações obtidas pelos indicadores em cada ponto amostral

$P_{min}$  - mínimo das pontuações obtidas pelos indicadores em cada ponto amostral e

$n$  - número de indicadores.

Antes da seleção dos indicadores por ACP e do cálculo dos índices, foi realizada a padronização das diferentes unidades de medida dos indicadores, utilizando funções de pontuação padrão (FPP) (Karlen e Stott, 1994; QI et al., 2009), descritas no Quadro 3. Os valores máximos e mínimos de cada indicador foram considerados como limites superiores (U) e inferiores (L) (Rahmanipour et al., 2014). Os valores assim obtidos foram usados nas FPP para normalização dos resultados, sendo  $x$  o valor do indicador selecionado em cada amostra de solo e  $N(x)$ , o valor normalizado de cada indicador (Quadro 3).

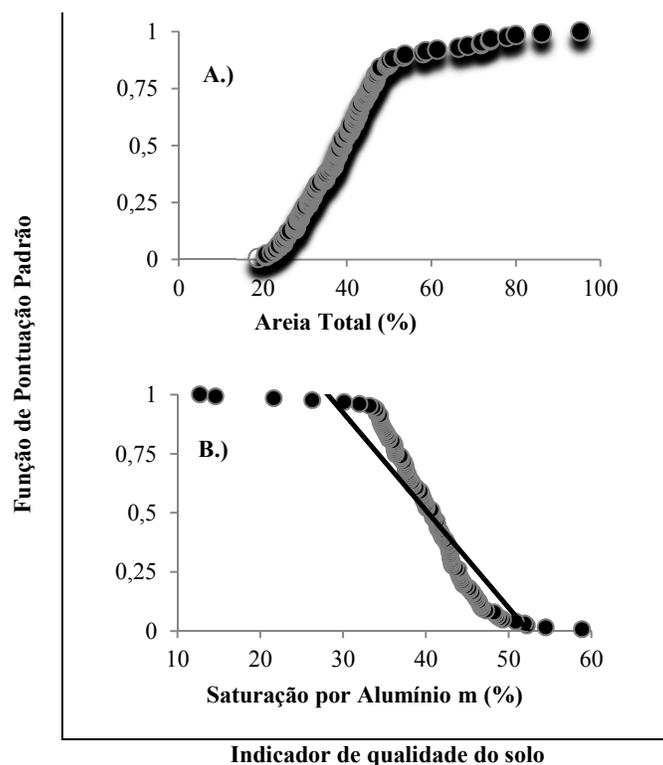
**Quadro 3.** Funções de pontuação padrão para os indicadores de qualidade do solo da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Indicador	Tipos de Função <sup>(1)</sup>	L	U	FPP <sup>(2)</sup>
AT (g kg <sup>-1</sup> )	MB	19,00	95,00	$N(x) = \begin{cases} 0,1 & x \leq L \\ 0,9 \frac{x-L}{U-L} + 0,1 & L < x < U \\ 1 & x \geq U \end{cases}$
Ks (mm h <sup>-1</sup> )	MB	0,01	110,05	
VTP (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	MB	39,06	68,96	
MA (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> )	MB	3,97	44,07	
MOS (g kg <sup>-1</sup> )	MB	0,80	91,00	
DMG (mm)	MB	0,22	4,86	
-----				
DS (kg dm <sup>-3</sup> )	LB	0,80	1,60	$N(x) = \begin{cases} 1 & x \leq L \\ 1 - 0,9 \frac{x-L}{U-L} & L < x < U \\ 0,1 & x \geq U \end{cases}$
m (%)	LB	0,50	6,10	

(1) Tipos de funções: mais é melhor (MB) e menos é melhor (LB). (2) Funções de Pontuação Padrão (FPP), nessas duas equações  $x$  é o valor do indicador;  $N(x)$  é a pontuação do indicador variando entre 0,1 e 1; e  $L$  e  $U$  são os valores dos limites inferiores e superiores, respectivamente. AT: areia total, Ks: condutividade hidráulica saturada, VTP: volume total de poros, MA: macroporosidade, m: saturação por alumínio, DMG: diâmetro médio geométrico, DS: densidade do solo, MOS: matéria orgânica do solo.

Essas funções com pontuações variando entre 0,1 e 1 foram atribuídas a cada indicador de acordo com a sensibilidade desses do tipo: “mais é melhor” (MB) e “menos é melhor” (LB) (Quadro 3

e Figura 3), no qual a melhor funcionalidade do solo estaria associada a valores altos e baixos, respectivamente.



**Figura 3.** Curvas de padronização de escores do tipo ‘mais é melhor’ (MB) em (A) e ‘menos é melhor’ (LB) em (B) de indicadores utilizados na construção dos índices de qualidade do solo para a Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Para validar os índices de qualidade do solo foram realizadas relações lineares entre os dados de perda de água e os dados de qualidade do solo referentes às classes de solos que existem parcelas de erosão instaladas na sub-bacia.

Os valores dos índices de qualidade do solo calculados para cada classe de solo da sub-bacia foram submetidos à análise de variância e, quando pertinente, ao teste de médias (Scott-Knott), ao nível de 5 % de probabilidade, utilizando o software Sisvar (Ferreira, 2011).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com o uso da Análise de Componentes Principais foi possível selecionar cinco indicadores de qualidade do solo, uma vez que cinco Componentes Principais (CPs) apresentaram auto-valores  $\geq 1$ , com valores variando de 1,121 a 2,340 (Quadro 4).

**Quadro 4.** Resultados da Análise de Componentes Principais de indicadores de qualidade do solo na Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

	CP-1	CP-2	CP-3	CP-4	CP-5
Auto-valores	2,340	1,424	1,068	1,033	1,121
Variância (%)	29,25	17,8	13,35	12,91	10,35
Variância cumulativa (%)	29,25	47,05	64,85	78,2	91,11
Auto-vetores					
<b><u>AT</u></b>	-0,038	0,361	-0,435	-0,029	<b><u>0,663</u></b>
<b><u>Ks</u></b>	0,155	<b><u>0,525</u></b>	-0,232	-0,233	-0,612
<b><u>VTP</u></b>	<b><u>0,615</u></b>	-0,086	0,044	0,107	0,098
MA	0,467	0,13	-0,018	-0,15	-0,005
<b><u>m</u></b>	0,002	0,397	<b><u>0,637</u></b>	0,317	0,305
DMG	0,006	0,432	0,348	<b><u>-0,599</u></b>	0,172
DS	<b><u>0,609</u></b>	-0,075	0,029	0,143	0,075
<b><u>MOS</u></b>	-0,069	0,467	-0,105	<b><u>0,655</u></b>	-0,212

AT: areia total, Ks: condutividade hidráulica saturada, VTP: volume total de poros, MA: macroporosidade, m: saturação por alumínio, DMG: diâmetro médio geométrico, DS: densidade do solo, MOS: matéria orgânica do solo. CP: componente principal; valores em negrito em cada componente são altamente ponderados e os valores em negrito e sublinhados referem-se aos indicadores selecionados para o Conjunto Mínimo de Dados.

Foram considerados como variáveis altamente ponderadas cinco CPs, e, quando mais de um fator foi responsável por maior peso, foi aplicada uma análise de correlação para decidir se os indicadores eram redundantes (Andrews et al., 2002). Apesar de na CP-1 os valores de VTP e DS terem registrado pesos elevados, 0,615 e 0,609 respectivamente (Quadro 4), apenas o fator VTP foi incluído no CMD por apresentar um coeficiente de correlação elevado ( $p < 0,01$ ), escolhido em última instância pelo maior peso absoluto que apresentou. O mesmo ocorreu na CP-4 entre DMG e MOS, quando foi escolhido o último indicador.

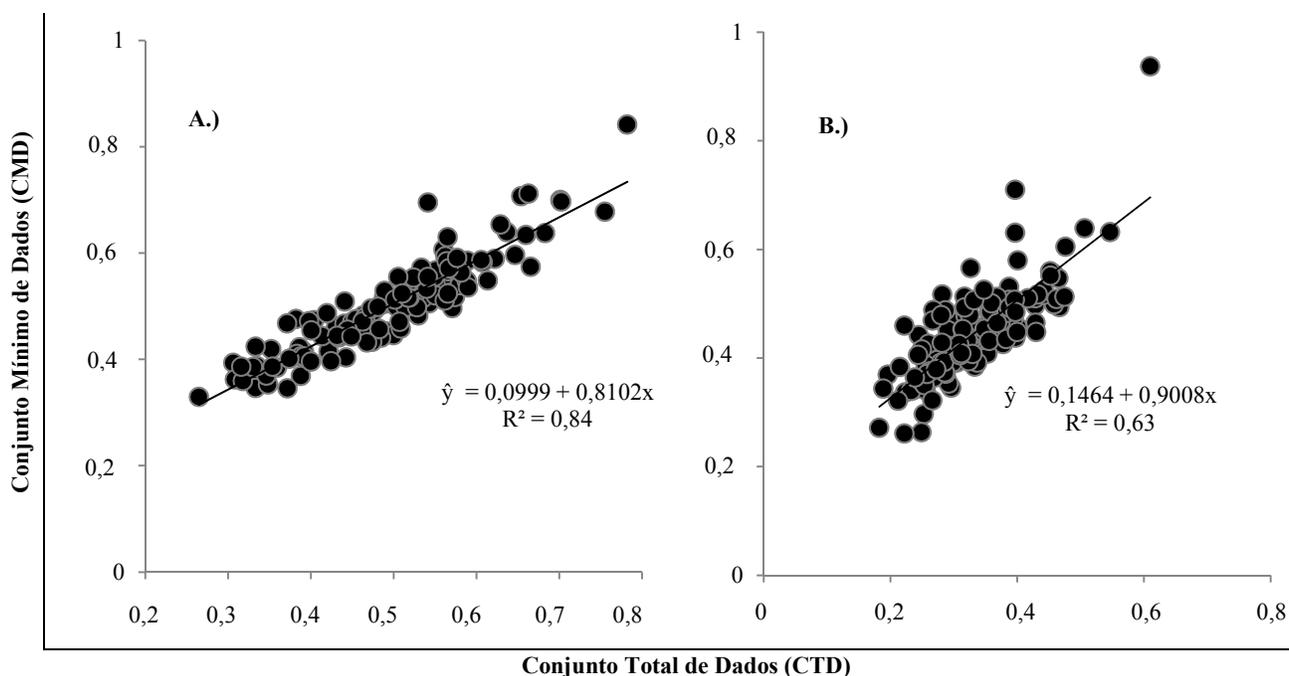
Segundo Andrews et al. (2002) a ACP define eixos de componentes principais que explicam a variância máxima dentro do conjunto, descrevendo vetores de ajuste mais próximo às  $n$  observações no espaço  $p$ -dimensional, sujeito a ser ortogonal um a outro. No caso deste estudo, as cinco CPs que selecionaram os indicadores do CMD explicam a variância cumulativa de 91,11 % (Quadro 4).

O CMD resultante incluiu os seguintes indicadores: areia total (AT), condutividade hidráulica saturada (Ks), volume total de poros (VTP), saturação por alumínio (m) e matéria orgânica do solo (MOS).

A fim de verificar a influência do método de seleção de indicadores sobre o valor obtido de qualidade do solo nos 127 pontos amostrados na Sub-bacia das Posses, foram realizadas Correlações de Pearson entre os valores de qualidade do solo de  $IQI_{CTD} \times IQI_{CMD}$  e de  $IQN_{CTD} \times IQN_{CMD}$ .

Os coeficientes de correlação encontrados foram:  $r = 0,91$  e  $r = 0,79$  para os valores de qualidade do solo determinados pelos índices de  $IQN_{CTD} \times IQN_{CMD}$  e  $IQI_{CTD} \times IQI_{CMD}$ , respectivamente. Esses valores de correlação são considerados muito forte e forte, respectivamente.

O coeficiente de correlação mais elevado foi encontrado quando o modelo IQI foi utilizado, confirmado pelo valor de  $R^2$  de 0,84 da relação linear entre os dois métodos de seleção de indicadores (Figura 4). Esse resultado corrobora com aquele encontrado por Rahmanipour et al. (2014) que também obtiveram maior valor de  $R^2$  para o IQI.



**Figura 4.** Relações lineares entre os valores de qualidade do solo obtidos pelos dois métodos de seleção de indicadores, Conjunto Total de Dados e Conjunto Mínimo de Dados, em dois índices de qualidade do solo, Índice de Qualidade Integrado em (A) e Índice de Qualidade Nemoro em (B), Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

No entanto essa correlação mais forte entre  $IQI_{CTD}$  e  $IQI_{CMD}$  não indica precisamente que o  $IQI$  é superior ao  $IQN$ , uma vez que os valores de QS calculados pelo primeiro podem estar sendo influenciados pelos pesos atribuídos empiricamente às funções do solo e a cada indicador. Quanto ao  $IQN$ , Yu-Dong et al. (2013) salientam que se trata de um método que baseia na média e na pontuação mínima do indicador de qualidade do solo, sem considerar pesos.

Portanto o  $IQN_{CMD}$  tende a apresentar valores de qualidade do solo mais distantes daqueles provenientes do  $IQN_{CTD}$ , uma vez que a ACP elimina alguns indicadores, e seus valores mínimos deixam de ser considerados no cálculo (valores mínimos apresentados no Quadro 3) ademais, modificam-se também os valores médios dos indicadores que são também utilizados no  $IQN$ , justificando assim o menor valor de  $R^2$  da relação linear na Figura 3B.

Os valores de qualidade do solo obtidos para cada classe de solo que ocorre na Sub-bacia das Posses, calculados pelas duas metodologias combinadas com os dois métodos de seleção de indicadores, podem ser visualizados no Quadro 5. Nota-se que somente foi possível estratificar, estatisticamente, por classe de solo, os valores de QS calculados pelo  $IQN_{CMD}$ .

**Quadro 5.** Valores de perdas de água e de qualidade do solo obtidos a partir de dois métodos de seleção de indicadores (Conjunto Mínimo de Dados e Conjunto Total de Dados) e dois índices de qualidade do solo (Índice de Qualidade Integrado e Índice de Qualidade Nemoro), Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

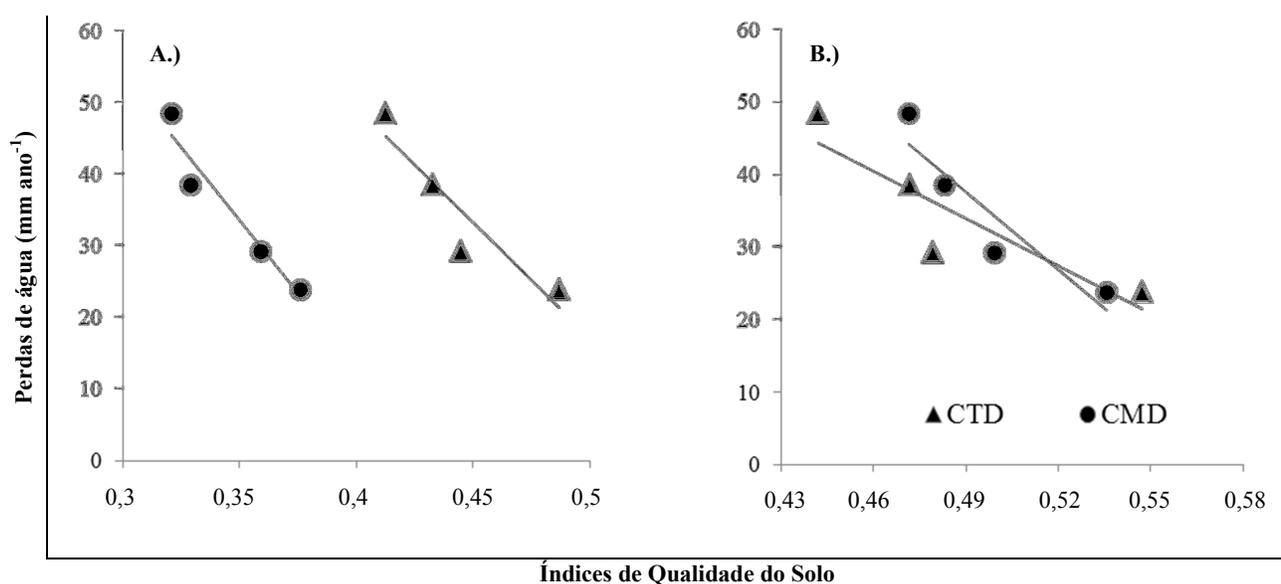
Solo <sup>1</sup>	Perdas de água (mm ano <sup>-1</sup> )	$IQN_{CTD}$	$IQN_{CMD}$	$IQI_{CTD}$	$IQI_{CMD}$
PVA	23,76	0,38 a	0,49 a	0,55 a	0,54 a
RL	29,21	0,36 a	0,45 ab	0,48 a	0,50 a
RY	38,45	0,33 a	0,43 ab	0,47 a	0,48 a
CX	48,42	0,32 a	0,41 b	0,44 a	0,47 a
CH	*	0,35 a	0,45 ab	0,52 a	0,51 a

<sup>1</sup>PVA: Argissolo Vermelho-Amarelo, RL: Neossolo Litólico; RY: Neossolo Flúvico; CX: Cambissolo Háptico; CH: Cambissolo Húmico.

\*Ausência de dados de perda de água para essa classe de solo. Valores seguidos pela mesma letra nas colunas, dentro de cada região, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott, a 5 %.

Segundo Cândido et al. (2015), o  $IQN$  é o método mais recomendável para a avaliação da qualidade do solo, uma vez que elimina qualquer tendência do pesquisador, na atribuição dos pesos aos indicadores. No entanto, outros autores como Qi et al. (2009) recomendam o  $IQI$  como padrão internacional para pesquisas em QS. Cada índice com as suas particularidades, pode-se dizer que ambos são muito bem aceitos pela comunidade científica.

Os valores de qualidade do solo apurados pelos índices e métodos de seleção de indicadores testados apresentaram elevada correlação negativa com as perdas de água verificadas em quatro classes de solo da sub-bacia (Figura 5). Essas relações são confirmadas pelos altos valores de  $R^2$  obtidos entre as perdas de água e os IQS (Quadro 6).



**Figura 5.** Relações lineares entre os valores de perda de água e os valores de qualidade do solo calculados pelos índices Índice de Qualidade Nemoro em (A) e Índice de Qualidade Integrado em (B) utilizando os dois métodos de seleção de indicadores testados (Conjunto Total de Dados e Conjunto Mínimo de Dados), Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

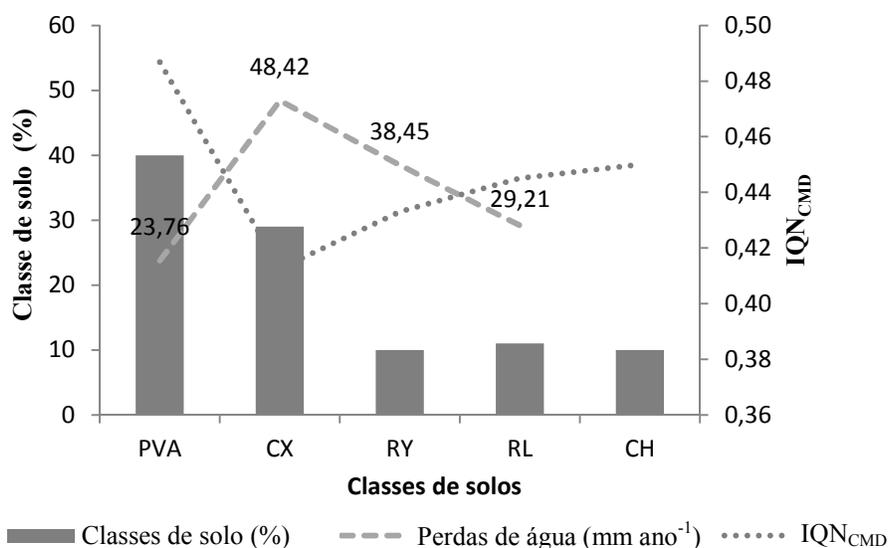
**Quadro 6.** Equações de regressão e coeficientes de determinação das validações dos índices de qualidade e dos métodos de seleção de indicadores de qualidade, utilizando os dados de perda de água da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Índice e método de seleção de indicador	Equação da regressão	$R^2$
$IQN_{CTD}$	$\hat{y} = 177,95 - 321,78x$	0,87
$IQN_{CMD}$	$\hat{y} = 175,62 - 406,4x$	0,94
$IQI_{CTD}$	$\hat{y} = 140,41 - 217,3x$	0,80
$IQI_{CMD}$	$\hat{y} = 212,7 - 357,37x$	0,85

Essa relação inversa entre IQS e perdas de água superficial é normalmente esperada uma vez que o processo erosivo interfere negativamente nos atributos do solo utilizados como indicadores de qualidade como, por exemplo, o teor de MOS (Rhoton e Tyler, 1990).

Pode-se verificar no Quadro 6 que a sequencia decrescente das validações dos valores de QS para a Sub-bacia das Posses utilizando os coeficientes de determinação é:  $IQN_{CMD} > IQN_{CTD} > IQI_{CMD} > IQI_{CTD}$ .

Nota-se também que dentro de cada índice o CMD melhorou a validação dos modelos uma vez que a ACP eliminou indicadores que não contribuíam para a precisão dos modelos. Segundo Andrews et al. (2002) um pequeno número de indicadores de qualidade do solo escolhidos cuidadosamente podem fornecer informações precisas quando usados em índices simples.



**Figura 6.** Representação gráfica dos valores de qualidade do solo ( $IQN_{CMD}$ ), perdas de água e percentagem das classes de solo que ocorrem na Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

A Figura 6 apresenta o comportamento inverso entre a qualidade do solo e a perda de água, de acordo com a classe de solo. A figura também mostra a representatividade de cada classe de solo na sub-bacia. Nota-se que a classe dos Cambissolos Háplicos é a que apresenta a menor qualidade do solo e maior perda de água. Portanto as propriedades rurais que apresentam esta classe de solo devem receber maior atenção do projeto, visando estabelecer práticas que melhore a qualidade do solo em relação à recarga de água e minimização da erosão hídrica.

A qualidade do solo neste local deve ser monitorada, tendo em vista a possibilidade do seu uso como ferramenta auxiliar da política de PSA. Nesse sentido, este estudo se mostra oportuno, especialmente pela proposta de utilização da qualidade do solo aplicada ao PSA na sub-bacia piloto do

Projeto Conservador das Águas, referência para diversas localidades do Brasil e do mundo.

## **CONCLUSÕES**

A ACP mostrou ser uma ferramenta eficaz na diminuição do volume de dados a ser utilizado no cálculo da qualidade do solo, contribuindo para a redução do tempo e do custo de análises em laboratório.

O IQN calculado a partir do CMD apresentou excelente coeficiente de determinação com as perdas de água, possibilitando o uso na decisão de pagamentos por serviços ambientais em conservação do solo e da água pelo Projeto Conservador das Águas, portanto foi o modelo mais recomendado à região.

## **AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq (305010/2013-1) e à FAPEMIG (CAGPPM 00422-13 e CAGAPQ01053-15) pelas bolsas e recursos financeiros aplicados no estudo, e à Prefeitura Municipal de Extrema pelo suporte logístico e financeiro.

## REFERÊNCIAS

- Alvarenga CC, Mello CR, Mello JM, Silva AM, Curi N. Índice de qualidade do solo associado à recarga de água subterrânea (IQSRA) na bacia hidrográfica do Alto Rio Grande, MG. *R. Bras Ci Solo*. 2012;36:1608-19. doi:10.1590/S0100-06832012000500025
- Alvares CA, Stape, JL, Sentelhas PC, de Moraes G, Leonardo J, Sparovek G. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorol. Z*. 2013;22:711-28. doi:10.1127/0941-2948/2013/0507
- Andrews SS, Karlen DL, Mitchell JP. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California. *Agric Ecosyst Environ*. 2002; 90:25-45 doi:10.1016/S0167-8809(01)00174-8
- Armenise E, Redmile-Gordon MA, Stellacci AM, Ciccarese A, Rubino P. Developing a soil quality index to compare soil fitness for agricultural use under different managements in the Mediterranean environment. *Soil Till Res*. 2013;130: 91-98.doi:10.1016/j.still.2013.02.013
- Bartz MLC, Pasini A, Brown GG. Earthworms as soil quality indicators in Brazilian no-tillage systems. *Appl Soil Ecol*. 2013; 69: 39-48. doi:10.1016/j.apsoil.2013.01.011
- Blecker SW, Stillings LL, Amacher MC, Ippolito JA, Decrappeo NM. Development of vegetation based soil quality indices for mineralized terrane in arid and semi-arid regions. *Ecol Indic*. 2012;20:65-74. doi:10.1016/j.ecolind.2012.02.010
- Cândido BM, Silva MLN, Curi N, Freitas DAF, Mincato RL, Ferreira MM. Métodos de indexação de indicadores na avaliação da qualidade do solo em relação à erosão hídrica. *R. Bras Ci Solo*. 2015;39:589-97. doi:10.1590/01000683rbc20140363
- D'hose T, Cougnon M, De Vlieghe A, Vandecasteele B, Viaene N, Cornelis W, Reheul D. The positive relationship between soil quality and crop production: A case study on the effect of farm compost application. *Appl Soil Ecol*. 2014;75:189-98. doi:10.1016/j.apsoil.2013.11.013
- Doran JW, Parkin TB. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W.; Coleman, DC.; Bezdicek, DF.; Stewart, BA., eds. *Defining soil quality for a sustainable environment*. Madison, Soil Sci Soc Am J. 1994; 35:1-20
- Extrema. Departamento de Meio Ambiente de Extrema. Conservador das Águas: 10 anos. Extrema. [internet]. Extrema, MG. Departamento de Meio Ambiente de Extrema, 2010 [acesso em 20 fev 2017]. Disponível em: <https://www.nature.org/media/brasil/conservador-de-aguas-10-anos.pdf>.
- Ferreira DF. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciênc. agrotec*. 2011;35:1039-42. doi:10.1590/S1413-70542011000600001
- Freitas DAF, Silva MLN, Cardoso EL, Curi N. Índices de qualidade do solo sob diferentes sistemas de uso e manejo florestal e cerrado nativo adjacente. *R. Ci Agron*. 2012; 43: 417-28

- Karlen DL, Stott DE. A framework for evaluating physical and chemical indicators of soil quality. In: Doran, JW.; Coleman, DC.; Bezdicek, DF.; Stewart, BA. (Ed.). *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. Madison: Soil Sci Soc Am. 1994. p.53-72
- Lima GC, Silva ML, Freitas DA, Cândido BM, Curi N, Oliveira MSD. Spatialization of soil quality index in the Sub-Basin of Posses, Extrema, Minas Gerais. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2016;20:78-84. doi:10.1590/1807-1929/agriambi.v20n1p78-84
- Lima GC, Silva ML, Oliveira MS, Curi N, Silva, MA.; Oliveira AH. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.* 2014;18:517-26. doi:10.1590/S1415-43662014000500008
- Nosrati K. Assessing soil quality indicator under different land use and soil erosion using multivariate statistical techniques. *Environ. Monit. Assess.* 2013;185: 2895-907. doi:10.1007/s10661-012-2758-y
- Oksanen, J; Blanchet, FG; Michael, F; Kindt,R; Legendre, P; McGlenn, D; Minchin,PR; O'Hara, RB; Simpson, GL; Solymos, P; Stevens, MHH; Szoecs, E; Wagner, H. *Vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-1. [internet]. Acesso em: 02 ago 2017. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/vegan/index.html>
- Qi Y, Darilek JL, Huang B, Zhao Y, Sun W, Gu Z. Evaluating soil quality indices in an agricultural region of Jiangsu Province, China. *Geoderma*. 2009;149:325-334. doi:10.1016/j.geoderma.2008.12.015
- Qin MZ, Zhao J. Strategies for sustainable use and characteristics of soil quality changes in urban-rural marginal area. *Acta Geogr Sinica*. 2000;55:545-54. doi:10.11821/xb200005004
- R Development Core Team. *R: a language and environment for statistical computing*. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2016. Acesso em: 02 ago 2017 Disponível em: <http://www.r-project.org/>
- Rahmanipour F, Marzaioli R, Bahrami HA, Fereidouni Z, Bandarabadi SR. Assessment of soil quality indices in agricultural lands of Qazvin Province, Iran. *Ecol Indic.* 2014;40:19-26. doi:10.1016/j.ecolind.2013.12.003
- Rhoton FE, Tyler DD. Erosion induced changes in soil properties of a fragipan soil. *Soil Sci Soc Am J.* 1990;54:223-28. doi: 10.2136/sssaj1990.03615995005400010035x
- Richards RC, Rerolle J, Aronson J, Pereira PH, Gonçalves H, Brancalion PH. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. *Ecosyst. Serv.* 2015;16: 23-32. doi:10.1016/j.ecoser.2015.09.002
- Silva RR, Silva MLN, Ferreira MM. Atributos físicos indicadores da qualidade do solo sob sistemas de manejo na Bacia do Alto do Rio Grande–MG. *Ciênc. agrotec.* 2005;29:719-30. doi:10.1590/S1413-70542005000400003
- Singh AK, Bordoloi LJ, Kumar M, Hazarika S, Parmar B. Land use impact on soil quality in eastern Himalayan region of India. *Environ. Monit. Assess.* 2013;186:2013-24. 10.1007/s10661-013-3514-7
- Van Der Ploeg RR, Böhm W, Kirkham MB. On the origin of the theory of mineral nutrition of plants

and the law of the minimum. *Soil Sci Soc Am J.* 1999;63:1055-62. doi:10.2136/sssaj1999.6351055x

Yu-Dong CHEN, Huo-Yan WANG, Jian-Min ZHOU, Lu, XING, Bai-Shu ZHU, Yong-Cun ZHAO, Xiao-Qin CHE. N. Minimum data set for assessing soil quality in farmland of northeast China. *Pedosphere.* 2013;23:564-76. doi:10.1016/S1002-0160(13)60050-8

Zolin CA, Folegatti MV, Mingoti R, Paulino J, Sánchez-Román RM, González AMO. The first Brazilian municipal initiative of payments for environmental services and its potential for soil conservation. *Agric Water Manag.* 2014;137:75-83. doi:10.1016/j.agwat.2014.02.006

**ARTIGO 2 DIAGNÓSTICO SOCIOECONÔMICO E AMBIENTAL POR  
MEIO DE INDICADORES: Estudo de caso na sub-bacia piloto do Projeto  
Conservador das Águas, Extrema, MG**

**SOCIO-ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS BY  
INDICATORS: Case study in the pilot sub-basin of the Water  
Conservation Project, Extrema, MG**

**RESUMO**

O diagnóstico socioeconômico e ambiental pode ser uma ferramenta valiosa nas tomadas de decisão político-administrativas, especialmente quando se deseja maximizar os resultados da aplicação de investimentos públicos, destacando o pagamento por serviços ambientais (PSA). Neste sentido, objetivo deste estudo foi definir e caracterizar indicadores sociais, econômicos e ambientais da Sub-bacia das Posses em Extrema, MG com o propósito de servir como subsídio aos tomadores de decisão do município e do Conservador das Águas, visando o desenvolvimento sustentável do local. Na coleta de dados para elaboração dos indicadores sociais, econômicos e ambientais da Sub-bacia das Posses foram aplicados questionários semiestruturados com perguntas abertas, fechadas e mistas em 35 propriedades rurais, também foi feita uma análise do mapa de uso do solo da sub-bacia para determinação dos principais usos e suas implicações na sustentabilidade do local. Dentre os principais resultados deste estudo, pode-se citar a baixa escolaridade da população adulta (média de 5,37 anos de estudo por pessoa), taxa de desemprego de 3,52% da população, índice de Gini de 0,536 (revelando forte desigualdade social), elevada área da sub-bacia com uso agrossilvipastoril (84,83%), coleta de lixo e esgotamento sanitário presente, mas com necessidade de tratamento de esgoto em várias propriedades. Alguns aspectos devem ser melhorados, como por exemplo, a substituição de fossas negras por outro tipo que não cause contaminação do solo e do lençol freático, e, a necessidade de potencializar as atividades produtivas e agregar valor aos produtos, especialmente por meio de certificações e negociação por meio de cooperativas e associações.

Palavras-chave: Qualidade ambiental. Sustentabilidade. Indicadores de sustentabilidade.

## ABSTRACT

Socioeconomic and environmental diagnosis can be a valuable tool in political-administrative decision-making, especially when it is desired to maximize the results of the application of public investments, highlighting the payment for environmental services (PSA). In this sense, the objective of this study was to conduct a survey of social, economic and environmental indicators of the Posses Sub-basin in Extrema, Minas Gerais State, with the purpose of serving as a subsidy to decision-makers in the municipality and Water Conservation Project, aiming at sustainable development of the place. In the data collection for the elaboration of the social, economic and environmental indicators of the Posses Sub-basin, semi-structured questionnaires with open, closed and mixed questions were applied in 35 farms, an analysis of the land use map of the sub-basin to determine the main uses and their implications for the sustainability of the site. Among the main results of this study were low schooling of the adult population (mean of 5.37 years of study per person), unemployment rate of 3.52% of the population, Gini index of 0.536 (revealing high social inequality), high area of the sub-basin with agroforestry use (84.83%), garbage collection and sanitary sewage present, but with the need to treat sewage in several properties. Some aspects should be improved, such as the replacement of cesspool by septic tanks or by evapotranspiration tank, to avoid soil and underground water contamination, and the need to improve the productive activities and the values of products, especially by certifications and negotiation through cooperatives and associations.

Keywords: Environmental quality. Sustainability. Indicators of sustainability.

## 1 INTRODUÇÃO

A identificação de indicadores é essencial para monitorar o progresso rumo ao desenvolvimento sustentável, estes devem proporcionar unidades gerenciáveis de informações das condições econômicas, ambientais e sociais (BÖHRINGER; JOCHEM, 2007).

Segundo Pereira e Ortega (2012), os indicadores são valiosos instrumentos de diagnóstico de uma determinada realidade com o intuito de auxiliar os tomadores de decisão, e, viabilizam a maximização de resultados da aplicação de investimentos públicos (JANNUZZI, 2005).

Para Lopes e Guerra (2016), inicialmente, os indicadores e índices eram mais utilizados pelas áreas técnicas e econômicas, no entanto, atualmente, os mesmos passaram a agregar as dimensões da sustentabilidade, passando a serem adotados por diversos órgãos públicos e entidades. De acordo com Jannuzzi (2005), há um crescente interesse pelos indicadores com aplicação nas atividades ligadas ao planejamento governamental, formulação e avaliação de políticas públicas pelas diferentes esferas da administração pública. Também é crescente o interesse por esses indicadores pelas organizações não governamentais (ONGs), institutos de pesquisa e universidades em todo o mundo (MARZALL; ALMEIDA, 2000).

No contexto das mudanças de paradigmas que vem ocorrendo no Brasil com a gradativa substituição do princípio do Usuário-Pagador pelo princípio do Provedor-Recebedor foi criado em 2005 o Projeto Conservador das Águas em Extrema, MG que realiza pagamento por serviços ambientais (PSA) aos agricultores familiares, que comprovadamente contribuem para a proteção e recuperação de mananciais, gerando benefícios para a bacia e a população (AVANZI et al., 2011). O Conservador das Águas é considerado o projeto pioneiro no Brasil a adotar PSA sob a responsabilidade de um município

(RICHARDS et al., 2015).

A Sub-Bacia das Posses foi escolhida como área referência do Projeto Conservador das Águas que é apoiado pela Agência Nacional das Águas (ANA). Neste local, diversos estudos têm sido desenvolvidos por vários órgãos de pesquisa do Brasil, no entanto, observa-se uma lacuna de pesquisa quando se tratava de um estudo que abrange as dimensões da sustentabilidade neste local.

Tendo em vista que a utilização de indicadores surge da necessidade de avaliação do processo de desenvolvimento de um local e deve se valer das dimensões da sustentabilidade e não somente da econômica como é rotineiramente difundido (TOSTES; FERREIRA, 2017), o objetivo deste estudo foi definir e caracterizar indicadores sociais, econômicos e ambientais da Sub-bacia das Posses em Extrema, MG, com o propósito de gerar um diagnóstico do local, servindo de subsídio aos tomadores de decisão do município e do Conservador das Águas.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Caracterização da área de estudo**

A Sub-bacia das Posses é uma das sete que compõem o município de Extrema, Minas Gerais, e faz parte do Sistema Cantareira, um dos maiores sistemas produtores de água do mundo (LIMA et al., 2014). Esta sub-bacia está inserida na área de jurisdição referente ao Comitê de Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ).

O clima, segundo a classificação de Köppen e estudos de Alvares et al. (2013), é do tipo Cfb, oceânico sem estação seca com verão temperado, pluviosidade média anual de 1.499 mm, com temperaturas médias máxima de 20,2 °C no mês de fevereiro e mínima de 13,5 °C no mês de julho.

Segundo Carvalho e Scolforo (2008) Extrema está inserida no bioma Mata Atlântica e possui 16,52% da sua área total ocupada com remanescentes florestais nativos.

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) definido para o município em 2010 foi de 0,732 segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017) e as principais atividades econômicas desenvolvidas estão relacionadas a uma forte atividade industrial, à pecuária leiteira e ao turismo ecológico (JARDIM, 2010).

A Sub-bacia das Posses está inserida na Bacia hidrográfica do Rio Jaguari, localizada entre as coordenadas UTM 374.500 e 371.500 de longitude E e 7.468.200 e 7.474.800 de latitude S (Datum SAD 69) e entre as altitudes de 950 a 1.450 m. A Figura 1 mostra a localização geográfica da Sub-bacia das Posses.

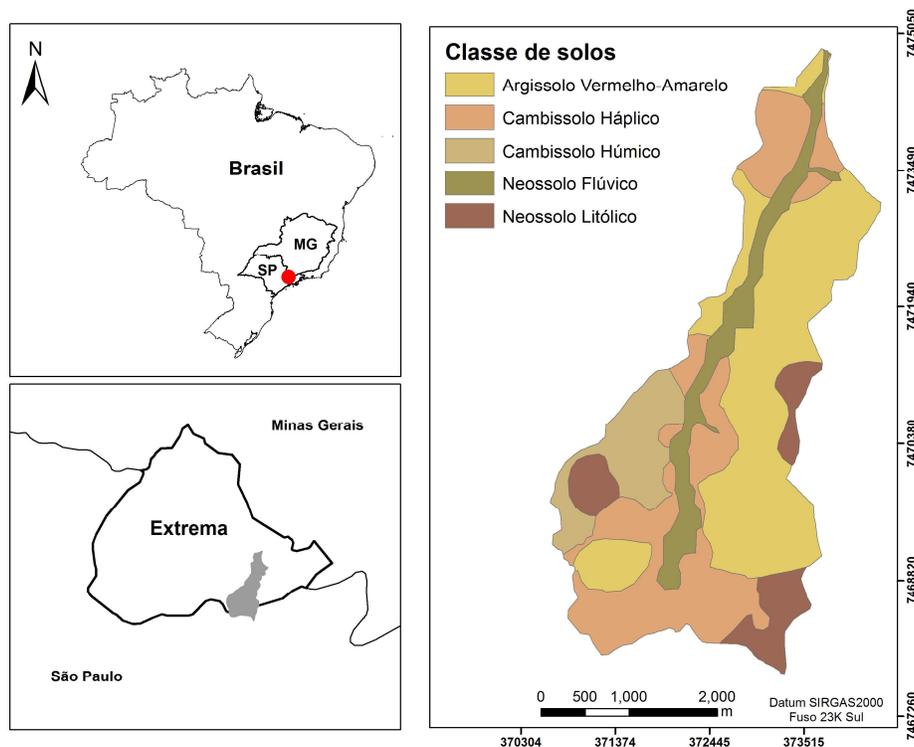


Figura 1 Localização da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

Esta sub-bacia apresenta uma área de 1.196,7 ha com relevo principalmente referente às classes: ondulado e forte ondulado e predominância de cinco tipos de solo: Cambissolo Háptico (29% da área), Cambissolo Húmico (10%), Argissolo Vermelho-Amarelo (40%), Neossolo Flúvico (10%) e Neossolo Litólico (11%) (LIMA et al., 2014).

## 2.2 Descrição metodológica

Por se tratar de parte de um município e não da sua totalidade, há dificuldade na aquisição de dados secundários e para elaboração do estudo foi realizada coleta de dados *in situ* por meio de entrevistas na sub-bacia.

As entrevistas se basearam na metodologia descrita por Carniel et al. (1994) com a aplicação de questionários semiestruturados com perguntas abertas, fechadas e mistas (APÊNDICE A). Foi utilizada a amostragem não probabilística, segundo Alencar (1999), selecionando 35 propriedades rurais dentre as 108 existentes na sub-bacia, por meio de sorteio, podendo ser aderidas ou não aderidas ao Conservador das Águas.

As entrevistas foram realizadas somente por um pesquisador, que esteve presente durante todo o tempo e ofereceu suporte para que não houvesse enganos de interpretação, esclarecendo eventuais dúvidas. A pesquisa foi respondida pelo principal tomador de decisões da propriedade. As perguntas buscaram diagnosticar a estrutura fundiária, infraestrutura rural e construídos indicadores referentes às dimensões social, econômica e ambiental da Sub-bacia das Posses.

Quanto à estrutura fundiária e infraestrutura rural foram verificados os tamanhos das propriedades rurais, a natureza da posse da terra, a qualidade das estradas e a presença de energia elétrica nas propriedades.

Na dimensão social as entrevistas foram feitas com objetivo de coletar dados para elaboração de indicadores referentes aos temas “Saúde”, “Educação” e “Habitação”. No tema “Saúde” foram construídos os indicadores: “Acesso a planos de saúde”, e “Oferta de serviço básico de saúde”. No tema “Educação” foram construídos os indicadores: “Taxa de alfabetização” e “Taxa de escolaridade da população adulta”. No tema “Habitação” foi construído apenas o indicador “Adequação da moradia”.

Na dimensão econômica foram elaborados indicadores referentes aos temas “Equidade” e “Trabalho e remuneração”. No tema “Equidade” foi construído o indicador: “Índice de Gini” e no tema “Trabalho e remuneração” foram construídos os indicadores: “Taxa de desemprego” e “Rendimento médio

mensal”.

Dentro da dimensão ambiental foram elaborados indicadores inseridos nos temas “Saneamento” e “Solo”. Para o primeiro tema foram construídos os seguintes indicadores: “Coleta de lixo”, “Esgotamento sanitário”, “Acesso ao abastecimento de água” e “Tratamento de esgoto”. Já para o segundo tema os indicadores foram: “Prática de queimadas”, “Uso de agrotóxicos” “Uso de fertilizantes minerais”, e ainda, foi realizada uma análise do mapa de uso do solo na Sub-bacia das Posses para definir os valores dos indicadores “Área com uso agrossilvipastoril” e “Área com mata nativa”.

O mapa de uso do solo foi elaborado utilizando o programa ArcGIS versão 10.1 idade (ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE - ESRI, 2010), a partir de imagem dos satélites *QuickBird*, resolução de 0,60 m e escala de 1:6.000, do ano de 2011. A imagem foi fornecida pela Prefeitura Municipal de Extrema.

A entrevista para coleta de dados foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras. Foi aprovada pelo parecer nº 1.605.713 e CAAE 54722916.7.0000.5148 e seguiu as recomendações legais e éticas da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/2013.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Estrutura fundiária e infraestrutura rural

Verificou-se com o estudo que as propriedades rurais da Sub-bacia das Posses são compostas basicamente por sítios e chácaras, com áreas variando de 0,1 a 110 ha, sendo que 60% das propriedades se enquadraram na classe de tamanho de 0,1 a 12 ha.

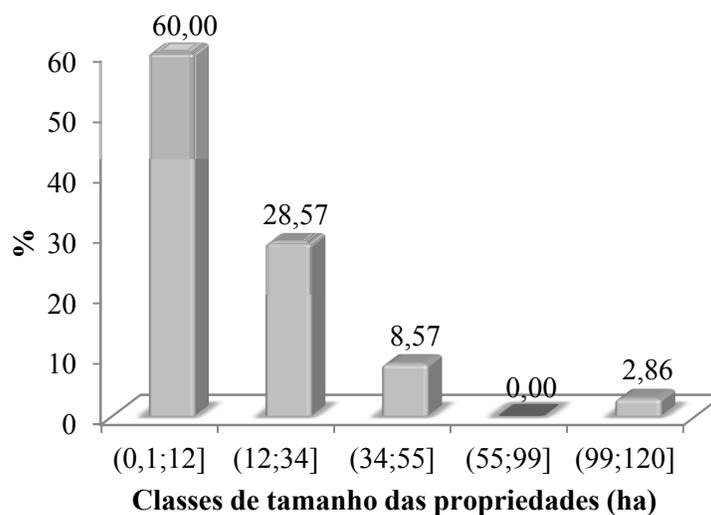


Figura 2 Distribuição das classes de tamanho das propriedades rurais da Sub-bacia das Posses em Extrema, Sul de Minas Gerais

Em relação à posse da terra, foi constatado que 100% dos entrevistados são proprietários e possuem escritura do terreno. A maioria das propriedades rurais apresenta áreas inferiores a 34 hectares (FIGURA 2). Essa característica é marcada pelas sucessivas divisões das propriedades entre os herdeiros a cada geração. Alguns entrevistados chegaram a referir-se a esse tipo de partilha de terras como uma “reforma agrária familiar” onde todos têm pelo menos um local

para residir e produzir alimentos para a subsistência.

A infraestrutura viária é considerada de boa qualidade e diversos trechos apresentam pavimentação asfáltica, o que garante bom acesso ao local mesmo na estação chuvosa. Estrada de qualidade é importante para o desenvolvimento local, pois garante o livre trânsito de pessoas, mercadorias, propicia melhor acesso aos serviços de saúde e de educação além de oferecer mais conforto aos usuários. No questionário aplicado na Sub-bacia das Posses procurou-se saber da opinião dos moradores a respeito da qualidade das estradas, 88% classificaram-nas como ótimas.

Todas as propriedades rurais visitadas possuem energia elétrica. Tal fato favorece principalmente a pecuária leiteira por permitir o resfriamento do leite até o momento do transporte para o laticínio. Outro fato relevante é a possibilidade de aquisição de informações por meio do rádio, televisão e internet uma vez que, segundo os entrevistados, outras fontes como boletins informativos e jornais impressos quase nunca chegam ao local.

Segundo Lopes e Guerra (2016) o uso de indicadores vem se destacando em pesquisas científicas, estudos e análises. Nos próximos tópicos serão apresentados os indicadores sociais, econômicos e ambientais construídos para a Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

### **3.2 Indicadores Sociais**

A seguir estão descritos os seis indicadores de desenvolvimento sustentável relacionados à dimensão social que foram construídos para a Sub-bacia das Posses com os respectivos valores elencados no Quadro 1.

De acordo com os dados levantados nas entrevistas, o indicador “Acesso

a planos de saúde” atingiu valor de 8,58%. De acordo com este indicador a maioria dos moradores da sub-bacia recorre unicamente à assistência médico-hospitalar do Serviço Único de Saúde (SUS).

Para o indicador “Oferta de serviço básico de saúde” foi constatado que na Sub-bacia das Posses existe posto de atendimento médico, portanto, esse indicador obteve desempenho máximo (100%).

O indicador “Taxa de alfabetização” que mede o grau de alfabetização da população de 15 anos ou mais de idade calculado para a Sub-bacia das Posses foi de 97,10%. Esse valor foi superior ao calculado para o Brasil e para o Estado de Minas Gerais para o ano de 2012, que apresentaram os valores de 91,4% e 93%, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015).

Com base nos dados de escolaridade dos moradores da Sub-bacia das Posses foi possível calcular o indicador “Taxa de escolaridade da população adulta”. Esse indicador leva em consideração a população de 25 a 64 anos de idade (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015). Para a Sub-bacia das Posses a taxa de escolaridade da população adulta encontrada foi de 5,37 anos de estudo. Idealmente as pessoas com 25 anos de idade ou mais deveriam ter concluído, no mínimo, o ensino médio (11 anos de estudo).

Quadro 1 Indicadores sociais elaborados a partir de dados coletados por entrevistas, Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

<b>Tema</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor do Indicador</b>
Saúde	Acesso a planos de saúde (%)	8,58
	Oferta de serviço básico de saúde (%)	100
Educação	Taxa de alfabetização (%)	97,10
	Taxa de escolaridade da população adulta (anos de estudo/pessoa)	5,37
	Frequência escolar (%)	100
Habitação	Adequação da moradia (%)	71,43

Em regra geral, quanto maior a escolaridade, maior a participação na vida política, maior consciência crítica e maior capacidade para a continuação do aprendizado. Também permite o discernimento dos direitos e deveres individuais e sociais, fundamental para o exercício da cidadania e para o desenvolvimento sustentável. Além disso, o mercado de trabalho cada vez mais competitivo está exigindo habilidades intelectuais e progressiva qualificação profissional, requerendo um nível de escolaridade cada vez maior. O conhecimento, a informação e uma visão mais ampla dos valores são componentes básicos para o exercício da cidadania e o desenvolvimento sustentável.

Em relação à educação formal das crianças e jovens em idade escolar, verifica-se que 100% estão frequentando a escola regularmente. Segundo os entrevistados atualmente não existem dificuldades para frequentarem a escola,

uma vez que é ofertado o transporte escolar gratuito para a zona urbana de Extrema.

Os entrevistados que possuem filhos em idade escolar declararam que os mesmos ajudam nas atividades diárias das propriedades, antes e/ou depois do horário de aula, segundo os quais, sem interferência negativa no desempenho escolar. Não foi constatada dificuldades por parte dos produtores rurais em permitir o prosseguimento dos estudos dos filhos até a conclusão do ensino médio. Entretanto, em algumas famílias que possuem apenas um ou dois filhos existe a preocupação com a saída dos jovens para estudar o terceiro grau em outro município e não retornem para dar continuidade aos trabalhos na propriedade rural.

Quanto à escolaridade da população da Sub-bacia das Posses, apenas 5,72% possuem ensino superior completo. Por outro lado, a soma dos que possuem ensino primário incompleto e ensino primário completo representa 85,71% dos produtores rurais do local. Essa baixa escolaridade recai justamente sobre os proprietários mais idosos e nascidos na zona rural. Os mesmos atribuem o abandono escolar à necessidade de auxiliar a família no sustento da casa, falta de transporte escolar e falta de incentivo da família e do Estado quando eram jovens.

Na avaliação do indicador “Adequação da moradia”, as variáveis utilizadas para sua construção foram sugeridas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), sendo elas: o número total de domicílios particulares permanentes, a densidade de moradores por dormitório, a coleta do lixo, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário. Todas as variáveis avaliadas foram consideradas adequadas, exceto abastecimento de água, adequada em 71,43% das propriedades. Portanto, este foi o valor final desse indicador social.

### 3.3 Indicadores econômicos

Na dimensão econômica foram construídos para a Sub-bacia das Posses, 4 indicadores de desenvolvimento sustentável, apresentados no Quadro 2 com seus respectivos valores.

Segundo Extrema (2015), a partir de 2008, o município atingiu o maior Produto Interno Bruto *per capita* do Estado de Minas Gerais, equivalente a R\$ 47 mil. O PIB *per capita* elevado está ligado ao setor industrial desenvolvido no município em consequência da proximidade com São Paulo. No entanto, o uso da terra em suas áreas rurais permanece principalmente agrícola, destacando a pecuária de corte e de leite, com produtividade relativamente baixa (RICHARDS et al., 2015).

A renda mensal bruta apurada por propriedade variou de R\$880,00 (valor referente a um salário mínimo à época das entrevistas) a R\$12.000,000 (valor referente a aproximadamente treze salários mínimos à época das entrevistas). A partir da renda mensal bruta das propriedades entrevistadas foi possível calcular o indicador “Rendimento médio mensal” para a Sub-bacia das Posses. Esse indicador expressa o rendimento médio mensal, da população de 15 anos ou mais de idade. Para a Sub-bacia das Posses, o valor apurado para esse indicador foi de R\$3.281,00.

Outro indicador econômico construído para a sub-bacia foi o “Rendimento domiciliar *per capita*”. Este indicador mostra a proporção de domicílios com rendimento mensal domiciliar *per capita* de até meio salário mínimo. Esse cálculo considera a soma dos rendimentos mensais de todas as fontes dos moradores do domicílio, excluindo pensionista, empregado doméstico ou parente do empregado doméstico. O indicador apontou que em 22,22% das propriedades entrevistadas o rendimento domiciliar *per capita* é inferior a meio salário mínimo.

Quadro 2 Indicadores econômicos elaborados a partir de dados coletados por entrevistas, Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

<b>Tema</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor do Indicador</b>
Equidade	Índice de Gini (adm.)	0,536
Trabalho e remuneração	Rendimento médio mensal (R\$)	3.281,00
	Rendimento domiciliar <i>per capita</i> (%) *	22,22
	Taxa de desemprego (%)	3,52

A erradicação da pobreza é indispensável para se atingir o desenvolvimento sustentável, visando uma sociedade justa, equitativa e inclusiva. O cálculo desse indicador para a sub-bacia pode se mostrar uma interessante ferramenta capaz de subsidiar políticas de combate à pobreza e de redução das desigualdades.

Foi também calculado o indicador “Taxa de desemprego” dos moradores da Sub-bacia das Posses. Essa taxa representa a proporção da população economicamente ativa que não estava trabalhando, mas procurou trabalho no período de referência (trinta dias anteriores à semana em que responderam à pesquisa). Nas propriedades entrevistadas 16,36% das pessoas economicamente ativas não estavam trabalhando, no entanto apenas 3,52% estavam à procura de emprego. Assim pode-se dizer que este último valor representa a taxa de desemprego da Sub-bacia das Posses.

A fim de determinar a distribuição de renda na sub-bacia foi construído o indicador “Índice de Gini”. Foram utilizados dados da renda bruta mensal, coletados nas entrevistas. Esse índice é expresso por um valor que varia de 0 (zero), situação de perfeita igualdade, a 1 (um), situação de desigualdade máxima (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA -

IBGE, 2015). Para a Sub-bacia das Posses chegou-se ao valor de 0,536; demonstrando forte desigualdade social no local. A desigualdade se mostrou superior à apurada para o Brasil (0,515) pelas Nações Unidas e divulgado no Relatório de Desenvolvimento Humano (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, 2017) que apontou o Brasil como o décimo país mais desigual do mundo e o quarto da América Latina, à frente apenas de Haiti, Colômbia e Paraguai.

Outros dados econômicos da sub-bacia também foram levantados, por exemplo, a receita bruta agropecuária anual (RBA) das propriedades (Quadro 3).

Quadro 3 Receita bruta agropecuária anual, e respectivas representatividades, das propriedades rurais da Sub-bacia das Posses, Extrema-MG.

<b>Receita bruta agropecuária anual (RBA)</b>	<b>Percentual sobre o total entrevistado</b>
Até R\$2.500,00	28,57
De R\$2.500,00 a R\$10.000,00	25,71
De R\$10.000,00 a R\$25.000,00	28,57
De R\$25.000,00 a R\$50.000,00	8,57
De R\$50.000,00 a R\$100.000,00	5,72
De R\$100.000,00 a R\$160.000,00	2,86

Constatou-se que na Sub-bacia das Posses existem propriedades que não apresentam rendimentos financeiros provenientes da atividade agropecuária em um extremo, e, em outro, aquelas que chegam a faturar de R\$100.000,00 a R\$160.000,00 anualmente.

De acordo com a Resolução nº 4.174 de dezembro de 2012, emitida pelo Banco Central do Brasil (BRASIL, 2012), que dispõe sobre a classificação de produtores rurais e sobre critérios para a apuração de saldos e para a fiscalização

de financiamentos rurais, 100% dos produtores rurais da Sub-bacia das Posses se enquadra como pequeno produtor rural, uma vez que a receita bruta agropecuária anual de nenhuma propriedade ultrapassa o valor limite de R\$160.000,00 (cento e sessenta mil reais).

As propriedades que não apresentam rendimentos financeiros provenientes da atividade agropecuária, geralmente, são chácaras de pessoas residentes em outros municípios ou na zona urbana de Extrema-MG. As que praticam atividades rurais e que têm algum faturamento são aquelas onde vivem e trabalham os produtores e seus familiares. Destes produtores uma parte vive exclusivamente das atividades rurais (42,85%) e outra tem uma segunda fonte de renda (57,15%). Do grupo de produtores que possuem uma segunda atividade, apenas 25% afirmam que a atividade rural é responsável pela maior parte da renda familiar.

As atividades agropecuárias predominantes na Sub-bacia das Posses são as pecuárias de leite e de corte, praticadas, respectivamente, em 31,42% e 22,86% das propriedades. Segundo Lima et al. (2014) as pastagens da sub-bacia são extensivas com ausência de práticas conservacionistas. Outras atividades praticadas em menor escala são: olericultura e milhocultura com 11,42% e 8,58%, respectivamente; culturas de tomate e pimentão em estufa, silvicultura, bataticultura e cafeicultura com 2,86% de representatividade para cada, e também, existem as propriedades rurais que não desempenham nenhuma atividade agropecuária e representam 14,28% do total, utilizadas principalmente para lazer.

Também foi constatado a partir das entrevistas que nenhum agricultor possui qualquer tipo de certificação e quando perguntados se gostariam de obtê-la 82,72% dos entrevistados responderam positivamente e 14,28% não demonstraram interesse. A certificação, como por exemplo, o selo verde,

certificação de produtos orgânicos, entre outras, agrega valor aos produtos.

Em um estudo de nível global realizado sobre agricultura orgânica Crowder e Reganold (2015) concluíram que a agricultura orgânica é mais rentável que a convencional e que ainda existe espaço para o crescimento, uma vez que atualmente responde por apenas 1% das atividades agrícolas no mundo.

Martins; Camargo Filho e Bueno (2006) verificaram em um estudo realizado na cidade de São Paulo um acréscimo de 151%, 156% e 199%, no preço de frutas, hortaliças e legumes orgânicos, respectivamente, em relação aos convencionais. Esse ganho monetário com produtos certificados pode ser uma ótima alternativa para as menores propriedades da sub-bacia. No entanto, depende de apoio e incentivos externos à comunidade.

### **3.4 Indicadores ambientais**

Na dimensão ambiental foram construídos indicadores inseridos nos temas “Saneamento” e “Solo”. No tema “Saneamento” foram construídos os seguintes indicadores: “Coleta de lixo”, “Esgotamento sanitário”, “Acesso ao abastecimento de água” e “Tratamento de esgoto”. Já para o tema “Solo” os indicadores foram: “Prática de queimadas”, “Uso de agrotóxicos”, “Uso de fertilizantes minerais”, e ainda, foi feita uma análise do mapa de uso do solo na Sub-bacia das Posses para definir os valores dos indicadores “Área com uso agrossilvipastoril” e “Área com mata nativa”. Os indicadores e os valores que cada um apresentou estão compilados no Quadro 4.

O indicador “Coleta de lixo” recebeu avaliação máxima, uma vez que todos os entrevistados declararam que o lixo é coletado na sub-bacia a cada quinze dias. A Prefeitura Municipal de Extrema disponibiliza caçambas coletoras de lixo em pontos estratégicos ao longo das estradas da localidade e os

moradores ficam encarregados de depositar o lixo não orgânico que é produzido na propriedade. Segundo os próprios moradores, quando não existia coleta o lixo o mesmo era queimado ou enterrado, também aparecia frequentemente jogado próximo às estradas e próximo aos cursos d'água.

Quanto aos indicadores ambientais “Esgotamento sanitário” e “Tratamento de esgoto” constatou-se que em 100% das propriedades entrevistadas havia rede de esgoto, no entanto, em apenas 31,42% existiam fossas sépticas, nas demais, fossas negras. A disposição inadequada do esgoto pode contaminar a água do lençol freático e os alimentos podendo causar sérias doenças em humanos e animais.

Foi possível constatar que as propriedades rurais que participam do Projeto Conservador das Águas utilizam a fossa séptica, enquanto que as propriedades não participantes ainda utilizam a fossa negra. Segundo os entrevistados o Conservador das Águas doou as fossas aos participantes do projeto. Diversos entrevistados citaram como razão de ainda optarem pela fossa negra o alto custo da fossa séptica. No entanto existem alternativas adequadas às propriedades rurais e de baixo custo, como por exemplo, o sistema ecológico de saneamento conhecido como “Bacia de evapotranspiração” que pode ser construído pelos próprios produtores após uma capacitação ou com supervisão de um profissional da área. Esta tecnologia foi proposta por permacultores para tratar e reutilizar efluentes domiciliares e consiste em um sistema plantado onde a matéria orgânica é decomposta anaerobicamente e é possível a absorção de nutrientes e da água pelas raízes das plantas (PAULO; BERNARDES, 2004).

Na coleta de dados para construção do indicador “Acesso a abastecimento de água” 71,43% dos entrevistados relatou possuir esse recurso em abundância durante todo o ano em sua propriedade, e, mesmo durante as secas mais severas dos anos de 2014 e 2015 não apresentou problemas em

relação à água de servidão. Os demais relataram algumas dificuldades com o abastecimento durante este período, como por exemplo, falta ou diminuição acentuada da vazão das nascentes, falta de água para irrigação, para o gado e em um caso específico para uso humano. A água de servidão da grande maioria das propriedades é proveniente de nascentes (Figura 3), que se encontram cercadas e protegidas, atendendo a legislação ambiental em vigor, segundo os entrevistados.

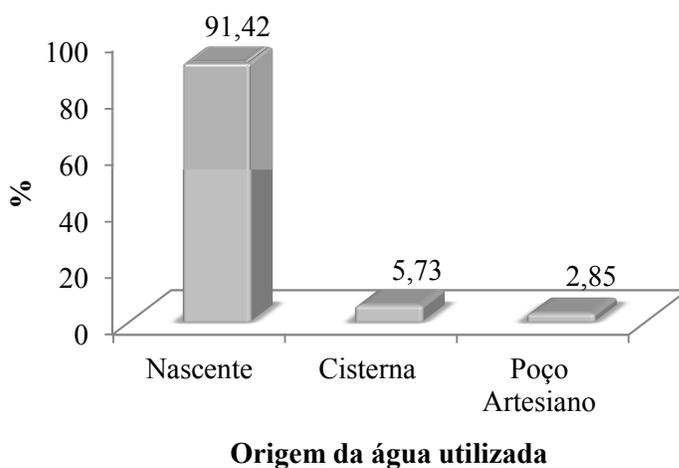


Figura 3 Distribuição percentual das diferentes origens da água de servidão das propriedades da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

Quanto à qualidade da água, todos os produtores rurais entrevistados afirmaram que a água de servidão é de excelente qualidade. Foi verificado também que em 100% das propriedades o único sistema utilizado para tratamento da água é a filtração utilizando o filtro de barro. No entanto, todos afirmaram que também bebem a água que chega à propriedade antes mesmo da filtração sem nenhum receio.

Tendo em vista que as queimadas em muitos locais se tornaram prática tradicional para o preparo do terreno para a atividade agrícola e a renovação de pastagens, foi perguntado aos entrevistados se essa prática era utilizada, a fim de construir o indicador ambiental “Prática de queimadas”. A resposta foi positiva em 2,86% das propriedades visitadas. Muitos demonstraram consciência dos problemas inerentes ao uso do fogo para limpeza de áreas agrícolas, outros não praticam em respeito aos compromissos firmados junto ao Conservador das Águas.

Nas entrevistas também foram levantados dados referentes aos indicadores “Uso de agrotóxicos” e “Uso de fertilizantes minerais”. Em 25,72% das propriedades entrevistadas existe a utilização de agrotóxicos e em 22,86% se utiliza adubação mineral, as demais recorrem unicamente à adubação orgânica em todos os cultivos praticados nessas propriedades.

A construção dos indicadores “Área com uso agrossilvipastoril” e “Área com mata nativa” foi possível elaborando e analisando o mapa de uso do solo da sub-bacia.

Na Figura 4 é possível discriminar as áreas com mata nativa e as áreas com uso agrossilvipastoril. O uso agrossilvipastoril na sub-bacia é expressivo (84,83%), composto de 77,37% de pastagem, 4,43% de agricultura e 3,02% de silvicultura. O uso mata nativa foi verificado em 15,17% da área. Adicionalmente foram coletadas algumas informações nas entrevistas referentes ao manejo adotado em cada um dos usos do solo.

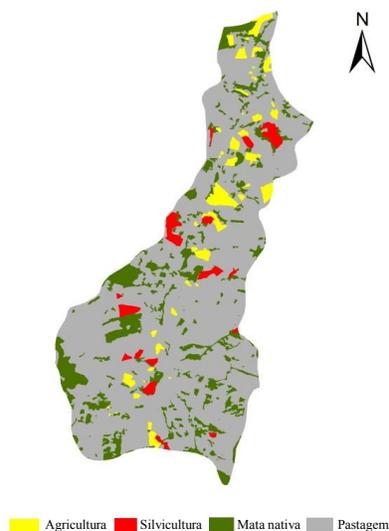


Figura 4 Mapa de uso do solo da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Quadro 4 Indicadores ambientais elaborados a partir da coleta de dados por entrevista e análise do mapa de uso do solo da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

<b>Tema</b>	<b>Indicador</b>	<b>Valor do Indicador (%)</b>
Saneamento	Coleta de lixo	100,00
	Esgotamento sanitário	100,00
	Tratamento de esgoto	31,42
	Acesso a abastecimento de água	71,43
Solo	Prática de queimadas	2,86
	Uso de agrotóxicos	25,72
	Uso de fertilizantes minerais	22,86
	Área com uso agrossilvipastoril	84,83
	Área com mata nativa	15,17

Segundo Carvalho e Scolforo (2008) 16,52% da área total do município de Extrema é ocupada com remanescentes florestais da Mata Atlântica. O mapa de uso do solo da Sub-bacia das Posses mostrou um percentual de mata nativa semelhante (15,17%). Levando em consideração a área total da Sub-bacia das Posses, a área com mata nativa da mesma não atende à legislação ambiental em vigor, que prevê para o bioma Mata Atlântica um mínimo de 20% da área total que deve ser destinado à Reserva Legal (RL).

No entanto, espera-se que brevemente esse percentual deva aumentar, visto que o Conservador das Águas está cercando Áreas de Proteção Permanente (APP) das propriedades aderidas ao projeto e ainda adquirindo outras em topo de morros e encostas íngremes na sub-bacia e realizando a recomposição florestal.

As áreas de pastagens são compostas predominantemente espécies do gênero *Brachiaria*, destinadas principalmente a pecuária leiteira, principal atividade desta localidade. Todos os produtores de leite entrevistados afirmaram que durante o período chuvoso o manejo do gado é feito somente a pasto de *brachiaria (Brachiaria spp.)* e no período seco complementam com uma mistura de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e capim elefante (*Pennisetum purpureum*) moídos.

A agricultura é praticada em 4,43% da área total da Sub-bacia das Posses destacando o cultivo de milho, batata inglesa, tomate e pimentão. Estes últimos são cultivados em estufa para produção de sementes de alta qualidade. Durante as entrevistas houve relatos de que a agricultura do milho e outros cereais na Sub-bacia das Posses está praticamente inviabilizada devido ao ataque de javalis selvagens (*Sus scrofa*) que destroem as lavouras durante a noite.

Outro fator bastante impeditivo ao desenvolvimento da agricultura na Sub-bacia das Posses é a topografia, predominantemente ondulada e forte-

ondulada, nestas condições é praticamente impossível a mecanização. O trator não consegue realizar o plantio e a aração em nível e aqueles que cultivam de forma mecanizada não implementam práticas conservacionistas.

Quanto ao uso silvicultura, ocupa atualmente uma área de 3,02% da Sub-bacia das Posses. São cultivadas principalmente espécies de *Eucalyptus spp*, segundo os entrevistados o plantio de eucalipto está se mostrando uma atividade promissora, especialmente porque existe um bom mercado para a madeira nas inúmeras fábricas de caixotes do município de Joanópolis, SP, a poucos quilômetros da Sub-bacia das Posses.

#### **4 CONCLUSÕES**

As propriedades da Sub-bacia das posses são pequenas, próprias, com escritura, possuidoras de energia elétrica e com boas estradas de acesso.

Quanto aos aspectos sociais, a grande parte da população adulta possui baixa escolaridade (primário completo/incompleto), média de 5,37 anos de estudo por pessoa.

Todos os produtores rurais da Sub-bacia das Posses se enquadram como pequeno produtor rural.

O índice de Gini da sub-bacia aponta elevada desigualdade social (0,536), superior à brasileira (0,515).

Quanto aos dados ambientais levantados, os mesmos evidenciam boa qualidade ambiental, embora alguns aspectos devam ser melhorados, como por exemplo, plantio em nível em todos os cultivos e a substituição das fossas negras por fossas sépticas ou pelas “bacias de evapotranspiração” para que não ocorra contaminação do solo e do lençol freático.

Foi constatada na Sub-bacia das Posses a necessidade de potencializar as

atividades produtivas e agregar valor aos produtos, especialmente por meio de certificações e negociação por meio de cooperativas e associações.

## **5 AGRADECIMENTOS**

Os autores agradecem à CAPES, ao CNPq (305010/2013-1) e à FAPEMIG (CAGPPM 00422-13 e CAGAPQ01053-15) pelas bolsas e recursos financeiros aplicados no estudo, e à Prefeitura Municipal de Extrema pelo suporte logístico e financeiro, e, aos moradores da Sub-bacia das Posses pela solicitude na prestação das informações.

## REFERÊNCIAS

ALENCAR, E. **Introdução à Metodologia de Pesquisa Social**. Lavras: UFLA, 1999. 125p.

ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.

AVANZI, J. C. et al. Pilot plan on ground water recharge. In: Bilibio, Carolina; Hensel, Oliver; Selbach, Jeferson Francisco. (Org.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil**. 1.ed. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa; Unikassel; PGcult/UFMA, 2011. v. 1, p. 207-228.

BÖHRINGER, C.; JOCHEM, P. Measuring the immeasurable: a survey of sustainability indices. **Ecological economics**, v. 63, n. 1, p. 1-8, 2007.

BRASIL. **Resolução Nº 4.174**, de 27 de dezembro de 2012. Dispõe sobre a Classificação dos produtores rurais. Brasília, 2012. Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/htms/normativ/resolucao4174.pdf>>. Acesso em: 20 fev. 2017.

CARNIEL, T. et al. O. **Atividade agrícola e recursos naturais na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/ Camargos (MG)**. Belo Horizonte: CEMIG, 1994. 65 p.

CARVALHO, L. M. T. de; SCOLFORO, J. R. S. (editores). **Inventário Florestal de Minas Gerais: Monitoramento da flora nativa 2005-2007**. Lavras: UFLA, 2008. 357 p.

CROWDER, D. W.; REGANOLD, J. P. Financial competitiveness of organic agriculture on a global scale. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 112, n. 24, p. 7611-7616, 2015.

ESRI - ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE. **ArcGIS Desktop**: Release 10.1. Redlands, 2010.

EXTREMA. Departamento de Meio Ambiente de Extrema. **Conservador das Águas: 10 Anos**. 2015. p.135. Disponível em <<https://www.nature.org/media/brasil/conservador-de-aguas-10-anos.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **@cidades**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: 26 fev. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 384p. 2015.

JANNUZZI, P. M. Indicadores para diagnóstico, monitoramento e avaliação de programas sociais no Brasil. **Revista do Serviço Público**, v. 56, n. 2, p. 137-160, 2014.

JARDIM, M. H. **Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema-MG**. Brasília, Universidade de Brasília, 2010. 195p. (Dissertação de Mestrado).

LIMA, G. C. et al. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, 2014.

LOPES, A. F. A.; GUERRA, M. E. A. Uma análise dos Instrumentos Metodológicos que utilizam Indicadores e Índices para avaliar a Sustentabilidade em Ambientes Urbanos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 28, 2016.

MARTINS, V. A.; CAMARGO FILHO, W. P.; BUENO, C. R. F. Preços de

frutas e hortaliças da agricultura orgânica no mercado varejista da cidade de São Paulo. **Informações Econômicas**, v.36, nº. 9, p. 42-52, 2006.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas: Estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 41-59, 2000.

PAULO, L. P.; BERNARDES, F. S. **Estudo de tanque de evapotranspiração para tratamento domiciliar de águas negras**. Belo Horizonte: UFMG, 2004. 10p.

PEREIRA, L.; ORTEGA, E. A modified footprint method: The case study of Brazil. **Ecological Indicators**, v. 16, p. 113-127, 2012.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **The Human Development Report 2016**. Disponível em: < <http://hdr.undp.org/en/2016-report>>. Acesso em: 03 ago. 2017. 2017.

RICHARDS, R. C. et al. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystem Services**, v. 16, p. 23-32, 2015.

TOSTES, J. A.; FERREIRA, J. F. C. Avaliação da sustentabilidade na Amazônia: a mesorregião Norte do Amapá. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 13, n. 1, 2017.

**ARTIGO 3 AVALIAÇÃO DA SUSTENTABILIDADE PELO MÉTODO  
“BAROMETER OF SUSTAINABILITY” DA SUB-BACIA PILOTO DO  
PROJETO CONSERVADOR DAS ÁGUAS, EXTREMA, MINAS GERAIS**

**SUSTAINABILITY EVALUATION BY BAROMETER OF  
SUSTAINABILITY METHOD OF THE PILOT SUB-BASIN WATER  
CONSERVATION PROJECT, EXTREMA, MINAS GERAIS STATE**

**RESUMO**

A determinação do nível de sustentabilidade de locais de relevante interesse socioambiental pode contribuir para o estabelecimento de metas de melhoria, para a prevenção de problemas e para a utilização de recursos públicos de forma sustentável, conseqüentemente, trazendo mais desenvolvimento e melhorando a qualidade de vida da população. Nesse sentido, objetivou-se com esse trabalho avaliar o índice de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses, trata-se da área piloto do Projeto Conservador das Águas. A Sub-bacia das Posses foi considerada o sistema estudado, composto dos subsistemas: ecológico e humano. O subsistema ecológico foi integrado pela dimensão ambiental, enquanto que o subsistema humano foi integrado pelas dimensões: social, econômica e institucional. As dimensões foram compostas por um total de oito temas: solo, saneamento, educação, habitação, saúde, trabalho e remuneração, equidade e capacidade institucional. Dezenove indicadores de desenvolvimento sustentável foram utilizados neste estudo, dentre eles, o índice de qualidade do solo. Os dados da maioria dos indicadores, exceto qualidade do solo, foram coletados por meio de entrevistas direcionadas à população da sub-bacia. Verificou-se que dentre os dezenove indicadores avaliados, dez deles se enquadraram no nível “Sustentável”, dois no nível “Potencialmente Sustentável”, três no nível “Intermediário”, um no nível “Potencialmente Insustentável” e três no nível “Insustentável”. O subsistema ecológico foi classificado como ‘Intermediário’ (59,5) e o subsistema humano como ‘Potencialmente Sustentável’ (73). O índice de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses mensurado a partir do “Barometer of Sustainability” foi de 66,25, classificado como ‘Intermediário’. Foi detectada uma deficiência de assistência técnica que deve ser ofertada, especialmente às menores propriedades da sub-bacia que atualmente não estão aderidas ao Projeto Conservador das Águas.

Vislumbra-se como uma das alternativas a ser adotada para melhoria do nível de sustentabilidade do local, a criação de uma modalidade especial de Pagamento por Serviços Ambientais visando fornecer assistência técnica, ao invés de auxílio financeiro, aos pequenos proprietários da sub-bacia.

Palavras-chave: Sub-bacia das Posses. Índice de sustentabilidade. Desenvolvimento sustentável.

## ABSTRACT

Determining the level of sustainability of sites of relevant social and environmental interest can contribute to the establishment of improvement goals, the prevention of problems and the use of public resources in a sustainable way, consequently bringing more development and improving the quality of life of the population. In this sense, the aim of this work was to evaluate the sustainability index of the Posses Sub-basin, since it is the pilot area of the Water Conservation Project. The Posses Sub-basin was considered the studied system, composed of the subsystems: ecological and human. The ecological subsystem was integrated by a dimension, the environmental, while the human subsystem was integrated by three dimensions: social, economic and institutional. The dimensions were composed of a total of eight themes: soil, sanitation, education, housing, health, work and remuneration, equity and institutional capacity. Nineteen sustainable development indicators were used in this study, among them, the soil quality index. The data of the other indicators, except soil quality, were collected by conducting interviews directed to the population of the sub-basin. It was verified that among the nineteen indicators evaluated, ten of them were classified as "Sustainable", three at the "Potentially Sustainable" level, three at the "Intermediate" level, one at the "Potentially Unsustainable" level and three at the "Unsustainable" level. The ecological subsystem was classified as 'Intermediate' (59.5) and the human subsystem as 'Potentially Sustainable' (73). The sustainability index of the Posses Sub-basin measured from the "Barometer of Sustainability" was 66.25, classified as "Intermediary". A deficiency of technical assistance has been detected that should be offered, especially to the smaller properties of the sub-basin that currently are not adhered to the Water Conservator Project. It is envisaged as one of the alternatives to be adopted to improve the level of sustainability of the site, the creation of a special modality of Payment for Environmental Services aiming to provide technical assistance, rather than financial assistance, to the small owners of the sub-basin.

Keywords: Posses Sub-basin. Index of sustainability. Sustainable development.

## 1 INTRODUÇÃO

No século passado iniciaram-se as discussões sobre os possíveis efeitos do uso dos recursos naturais e do crescimento populacional mundial sobre a sustentabilidade do planeta. O tema sustentabilidade passou a ser discutido em diversos fóruns internacionais em especial, em 1992, na cidade do Rio de Janeiro, na Rio 92, que contou com a presença de representantes de vários países (OLIVEIRA; OLIVEIRA; CARNIELLO, 2015).

Uma metodologia que vem sendo utilizada para mensurar a sustentabilidade em escalas nacional, regional e local é o “*Barometer of Sustainability*” (BS) (KRONEMBERGER et al., 2008), desenvolvida por um grupo de especialistas vinculados aos institutos *Internacional Union for Conservation of Nature* (IUCN) e *International Development Research Centre* (IDRC) (RODRIGUES; RIPPEL, 2015).

O “*Barometer of Sustainability*” é uma ferramenta para a combinação de indicadores e que mostra seus resultados por meio de um índice. Este índice é apresentado por meio de uma representação gráfica, procurando facilitar a compreensão e dar um quadro geral do estado do meio ambiente e da sociedade.

Na determinação do índice de sustentabilidade é importante escolher indicadores que representam as diversas dimensões, especialmente as de natureza ambiental, social, econômica e institucional. Esses indicadores podem ser agrupados em temas ligados a cada uma das dimensões.

A determinação do nível de sustentabilidade de unidades territoriais estratégicas, como sub-bacias, pode servir de alerta às autoridades para alocação de recursos públicos em áreas deficitárias de investimento público. No caso da Sub-bacia das Posses, onde se aplica o Pagamento por Serviços Ambientais (PSA) visando à conservação do solo e da água (AVANZI et al., 2011), diversos trabalhos foram desenvolvidos gerando artigos, teses e dissertações (JARDIM,

2010; LIMA, 2010, 2013; ZOLIN et al., 2011; LIMA et al., 2013a, 2013b, 2014, 2016; JARDIM; BURSZTYN, 2015; RICHARDS et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2012; SILVA et al., 2013; SILVA, 2013; RODRIGUES, 2016; LIMA et al., 2016; BISPO, 2017), no entanto, foi constatada a necessidade de um estudo de natureza interdisciplinar, capaz de integrar dados ambientais, sociais e econômicos com a finalidade de gerar um panorama da sustentabilidade local.

Nesses termos, objetivou-se com esse trabalho avaliar o índice de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses, em Extrema, MG, utilizando um total de 18 indicadores propostos pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015), além do índice de qualidade do solo (IQS), como sugestão de indicador.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Caracterização da área de estudo

Extrema é um dos quatro municípios sul-mineiros contribuintes do Sistema Cantareira no estado de São Paulo. Segundo Extrema (2015), a partir de 2008, o município atingiu o maior Produto Interno Bruto *per capita* do Estado de Minas Gerais, equivalente a R\$ 47 mil. A Sub-bacia das Posses (Figura 1) é uma das sete que compõem o município de Extrema e está inserida na Bacia hidrográfica do Rio Jaguari.

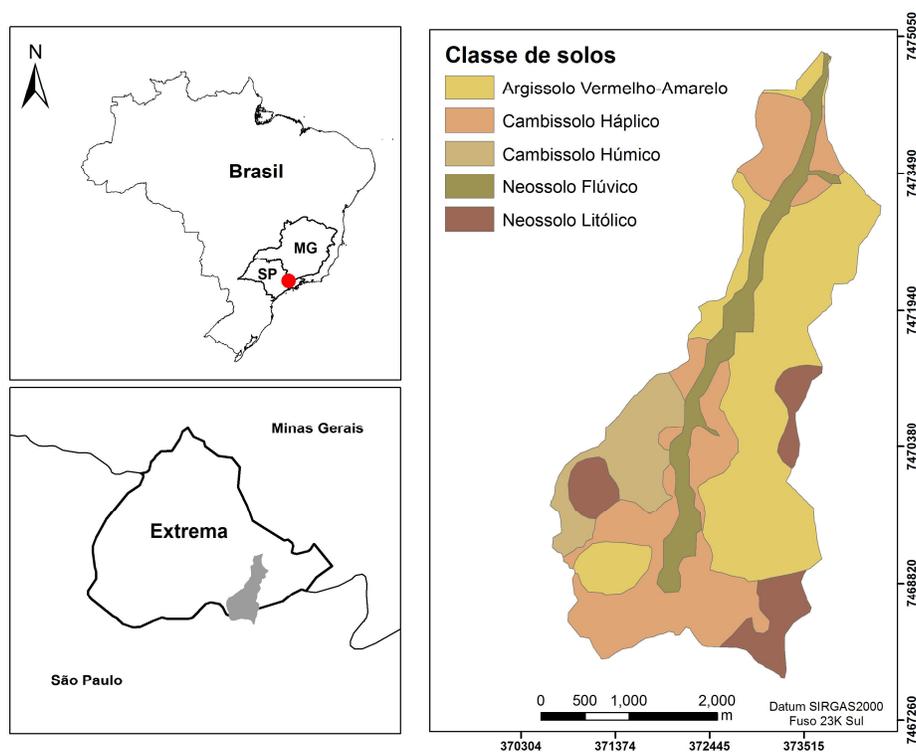


Figura 1 Localização da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

A Sub-bacia das Posses está localizada entre as coordenadas UTM 374.500 e 371.500 de longitude E e 7.468.200 e 7.474.800 de latitude S (Datum SAD 69) e entre as altitudes de 950 a 1.450 m, área de jurisdição referente ao Comitê de Bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (CBH-PCJ).

Em termos climáticos, com base na classificação Köppen e estudos de Alvares et al. (2013), apresenta clima do tipo Cfb, oceânico sem estação seca com verão temperado, pluviosidade média anual de 1.499 mm, com temperaturas médias máxima de 20,2 °C no mês de fevereiro e mínima de 13,5 °C no mês de julho.

A Sub-bacia das Posses tem uma área de 1.196,7 ha com relevo principalmente referente às classes: ondulado e forte ondulado e uso do solo predominante de pastagem extensiva com ausência de práticas conservacionistas (LIMA et al., 2014).

Encontra-se inserida no Bioma Mata Atlântica com predominância de cinco tipos de solo: Cambissolo Háplico (29% da área), Cambissolo Húmico (10%), Argissolo Vermelho-Amarelo (40%), Neossolo Flúvico (10%) e Neossolo Litólico (11%) (LIMA et al., 2014).

## **2.2 Descrição metodológica**

A avaliação da sustentabilidade da Sub-bacia das Posses foi realizada a partir da metodologia “*Barometer of Sustainability*” apresentada no fluxograma da Figura 2.

Esta metodologia vem sendo bastante utilizada (KRONEMBERGER et al., 2004; CARDOSO; TOLEDO; VIEIRA, 2016; SILVA; VIEIRA, 2016; LOURENÇO; CABRAL, 2016; DALCHIAVON; BAÇO; MELLO, 2017) por ser uma ferramenta de fácil manuseio e por mostrar os resultados de maneira

simplificada (KRONEMBERGER et al., 2008), pela combinação de aspectos ambientais e socioeconômicos, é composta de duas partes: bem estar ecológico para os aspectos ambientais e bem estar humano para os aspectos socioeconômicos.

Para construção dos indicadores de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses foi necessário coletar e analisar dados primários e secundários. Grande parte dos indicadores de desenvolvimento sustentável utilizados neste estudo foi proposta pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015).

Na metodologia “*Barometer of Sustainability*” a Sub-bacia das Posses foi considerada o sistema estudado, composto pelos subsistemas: ecológico e humano. O subsistema ecológico foi integrado pela dimensão ambiental, enquanto que o subsistema humano foi integrado pelas dimensões: social, econômica e institucional. As dimensões foram compostas por um total de oito temas: solo, saneamento, educação, habitação, saúde, trabalho e remuneração, equidade e capacidade institucional. Dezenove indicadores de desenvolvimento sustentável foram utilizados neste estudo.

Os dados da maioria dos indicadores foram coletados por meio de questionário semiestruturado direcionado à população da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG, de ambos os sexos. Foram realizadas entrevistas, com base na metodologia descrita por Carniel et al. (1994), utilizando a aplicação de questionários em uma amostragem não probabilística (ALENCAR, 1999), foram selecionadas 35 propriedades rurais dentre as 108 existentes na sub-bacia, por meio de sorteio, aderidas e não aderidas ao Conservador das Águas.

A entrevista semiestruturada utilizada baseou-se em um questionário com perguntas abertas, fechadas e mistas (APÊNDICE A). As entrevistas foram realizadas somente por um pesquisador, que esteve presente durante todo o tempo e ofereceu suporte para que não houvesse enganos de interpretação, esclarecendo eventuais dúvidas. A pesquisa foi respondida pelo principal

tomador de decisões da propriedade. As perguntas foram direcionadas às dimensões social, econômica e ambiental.

O valor de qualidade do solo foi determinado pelo o Índice de Qualidade Nemoro (IQN), proposto por Qin e Zhao (2000), a partir de 127 amostras de solo da camada superficial (0-0,20 m) distribuídos pela sub-bacia em uma grade aproximadamente regular. Os indicadores de qualidade utilizados para cálculo da qualidade do solo da sub-bacia foram selecionados por análise de componentes principais, sendo eles: areia total (AT), condutividade hidráulica saturada (Ks), volume total de poros (VTP), saturação por alumínio (m) e matéria orgânica do solo (MOS).

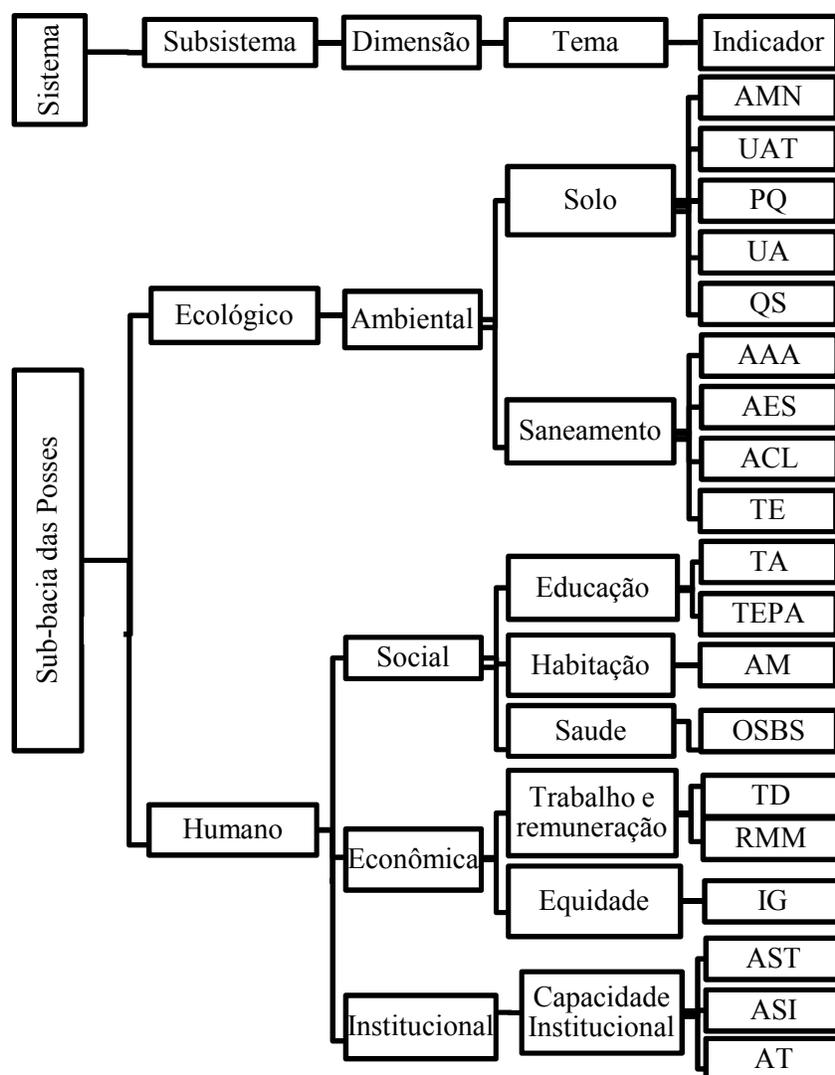


Figura 2 Fluxograma da metodologia “*Barometer of Sustainability*” utilizada no cálculo da sustentabilidade da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

AMN: Área com Mata Nativa, UAT: Uso agrossilvipastoril da terra, PQ: Prática de queimadas, UA: Uso de agroquímicos, QS: Qualidade do solo da sub-bacia, AAA: Acesso a abastecimento de água, AES: Acesso a esgotamento sanitário, ACL: Acesso à coleta de lixo doméstico, TE: Tratamento de esgoto, TA: Taxa de alfabetização, TEPA: Taxa de escolaridade da população adulta, AM: Adequação de moradia, OSBS: Oferta de serviços básicos de saúde, TD: Taxa de desemprego, RMM: Rendimento médio mensal, IG: Índice de Gini, AST: Acesso a serviços de telefonia, ASI: Acesso a serviços de internet, AT: Assistência técnica.

Quadro 1 Temas, indicadores, unidades de medida e fontes de validação das escalas de desempenho local utilizadas no cálculo da sustentabilidade da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

<b>Temas</b>	<b>IDS</b>	<b>Unidade</b>	<b>Validação</b>
<b>Solo</b>	Área com Mata Nativa	%	Kronemberger et al. (2004)
	Uso agrossilvipastoril da terra	%	Kronemberger et al. (2004)
	Prática de queimadas	%	Silva e Vieira 2016
	Uso de agroquímicos	%	Silva e Vieira 2016
	Qualidade do solo	adm	Definido neste estudo
<b>Saneamento</b>	Acesso a abastecimento de água	%	Kronemberger et al. (2004)
	Acesso a esgotamento sanitário	%	Amorim; Araújo e Cândido (2014)
	Acesso à coleta de lixo doméstico	%	Kronemberger et al. (2004)
	Tratamento de esgoto	%	Kronemberger e Junior (2015)
<b>Equidade</b>	Índice de Gini	adm	Amorim; Araújo e Cândido (2014)
<b>Trabalho e remuneração</b>	Taxa de desemprego	%	Amorim; Araújo e Cândido (2014)
	Rendimento médio mensal	R\$	Kronemberger e Junior (2015)
<b>Saúde</b>	Oferta de serviços básicos de saúde	adm	Definido neste estudo
<b>Educação</b>	Taxa de alfabetização	%	Kronemberger et al. (2004)
	Taxa de escolaridade da população adulta	anos de estudo	Amorim et al. (2014)
<b>Habitação</b>	Adequação de moradia	%	Lucena; Cavalcante e Cândido (2011)
<b>Capacidade institucional</b>	Acesso a serviços de telefonia	%	Kronemberger e Junior (2015)
	Acesso a serviços de internet	%	Kronemberger e Junior (2015)
	Assistência técnica	%	Definido neste estudo

IDS: Indicadores de desenvolvimento sustentável; adm: adimensional; R\$: Reais

Quadro 2 Indicadores de sustentabilidade e valores de referência para a padronização do cálculo do índice de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

IDS	Valor IDS	Escala “ <i>Barometer of Sustainability</i> ” (EBS)				
		0 – 20 (I)	21 – 40 (PI)	41 – 60 (In)	61 – 80	81 - 100
		(I)	(PI)	(In)	(PS)	(S)
Escala de Desempenho Local do Indicador (EDL)						
Área com mata nativa	15,17	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100
Uso agrossilvipastoril da terra	84,83	65 - 100	45 - 65	35 - 45	30 - 35	0 – 30
Prática de queimadas	2,86	71 - 100	31 - 70	11 - 30	6 - 10	0 - 5
Uso de agroquímicos	25,72	71 - 100	31 - 70	11 - 30	6 - 10	0 - 5
Qualidade do solo	0,45	0 – 0,2	0,2 – 0,4	0,4 – 0,6	0,6 – 0,8	0,8 – 1
Acesso a abastecimento de água	100,00	0 - 50	50 - 70	70 - 85	85 - 95	95 - 100
Acesso a esgotamento sanitário	100,00	0 - 70	71 - 85	86 - 95	96 - 99	100
Acesso à coleta de lixo doméstico	100,00	0 - 50	50 - 70	70 - 85	85 - 95	95 - 100
Tratamento de esgoto	31,42	0 - 70	71 - 80	81 - 90	91 - 95	96 - 100

Quadro 2, continua

IDS	Valor IDS	Escala “ <i>Barometer of Sustainability</i> ” (EBS)				
		0 – 20 (I)	21 – 40 (PI)	41 – 60 (In)	61 – 80	81 - 100
		(I)	(PI)	(In)	(PS)	(S)
Escala de Desempenho Local do Indicador (EDL)						
Índice de Gini	0,536	0,63 – 1,0	0,45 – 0,63	0,35 – 0,45	0,24 – 0,35	0 – 0,24
Taxa de desemprego	3,52	21 - 100	16 - 20	11 - 15	6 - 10	0 - 5
Rendimento médio mensal	3.281	0 - 410	411 - 817	818-1 124	1125-2248	2249-3300
Oferta serviço básico de saúde	1	0	-	-	-	1
Taxa de alfabetização	97,10	0 - 80	80 – 85	85 - 90	90 - 95	95 - 100
Taxa de escolaridade dos adultos	5,37	0 - 4	5 - 7	8 - 10	11 - 13	>14
Adequação de moradia	31,42	0 - 20	20,1 - 30	30,1 - 50	50,1 - 60	60,1 - 100
Acesso a serviços de telefonia	97,14	<10	10,1 - 20	20,1 - 35	35,1 - 50	50,1 - 100
Acesso a serviços de internet	45,71	<5	5 - 10	10,1 - 20	20,1 - 30	30,1 - 100
Assistência técnica	11,43	0 - 20	20 - 40	40 - 60	60 - 80	80 - 100

IDS: Indicadores de desenvolvimento sustentável; I: Insustentável; PI: Potencialmente Insustentável; In: Intermediário; PS: Potencialmente Sustentável; S: Sustentável.

Após a etapa de coleta dos dados, estes foram processados em um editor de planilhas eletrônicas. Os limites dos intervalos na escala de desempenho local (EDL) para validação de cada um dos indicadores foram definidos a partir de valores pesquisados na literatura conforme apresentado no Quadro 1. Para os indicadores “Qualidade do solo” e “Assistência técnica” os limites dos intervalos na escala de desempenho local foram propostos neste estudo. Foram estabelecidos os intervalos da “escala de desempenho local (EDL)” para cada indicador local, cada qual correspondente a valores de 0 a 100 da escala “*Barometer of Sustainability*” (EBS), apontando condições que variam de insustentável à sustentável.

Após a elaboração da EDL (QUADRO 2) foi realizada a transposição do valor numérico do indicador local ( $DL_x$ ) para a EBS, por meio de interpolação linear simples (EQUAÇÃO 1) conforme Kronemberger et al. (2004).

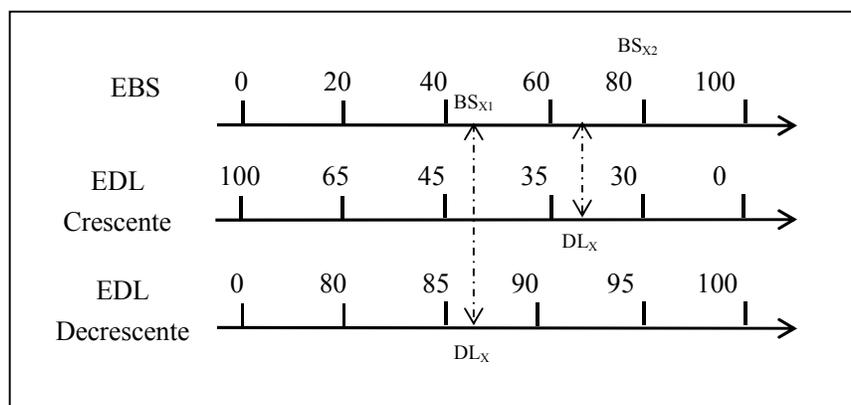


Figura 3 Operação de cálculo do grau do indicador local na escala do “*Barometer of Sustainability*”

$$BS_x = \left\{ \left[ \frac{(DL_A - DL_x) * (BS_A - BS_P)}{(DL_A - DL_P)} \right] * (-1) \right\} + (BS_A) \quad (1)$$

Em que: BS é o valor na escala “*Barometer of Sustainability*”; DL é o valor na escala de desempenho local; X é o valor do indicador sem transformação; A é o limite anterior do intervalo que contém X, e, P é o limite posterior do intervalo que contém X.

Para alguns indicadores, o menor e o maior valor apontam, respectivamente, o pior e o melhor desempenho, enquanto para outros, o maior valor representa uma pior situação. Por essa interpolação realiza-se a transposição de escalas entre  $DL_x$  e  $BS_x$ , seja a escala crescente ou decrescente.

Para os cálculos dos graus, os indicadores foram agregados hierarquicamente por meio de média aritmética, do nível mais baixo para o mais elevado, ou seja, dos indicadores para os temas, dos temas para as dimensões e das dimensões para os subsistemas (ecológico e humano).

O índice é apresentado graficamente em dois eixos, procurando facilitar a compreensão e dar um quadro geral do estado do meio ambiente e da sociedade. Cada eixo desse gráfico é dividido em cinco setores de 20 pontos cada: (0-20) Insustentável, (21-40), Potencialmente insustentável, (41-60) Intermediário, (61-80) Potencialmente sustentável e (81-100) Sustentável (AMORIM; CÂNDIDO, 2015). O ponto no gráfico definido pelos valores dos estados do bem estar humano e bem estar ecológico forneceu a situação de sustentabilidade da sub-bacia. As duas dimensões são conceituadas, por premissa, como equivalentes, considerando que as questões socioeconômicas (humanas) e ambientais são igualmente importantes para alcançar o desenvolvimento sustentável (PRESCOTT-ALLEN, 1999).

A entrevista para coleta de dados foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras. Foi aprovada pelo parecer nº 1.605.713, CAAE 54722916.7.0000.5148 e seguiu as recomendações legais e éticas da Resolução do Conselho Nacional de Saúde nº 466/2013.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Indicadores de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses

Após a padronização dos dados para a escala do método “*Barometer of Sustainability*” foi possível verificar o nível de sustentabilidade de cada um dos 19 indicadores utilizados no cálculo da sustentabilidade da Sub-bacia das Posses.

Verificou-se que 10 deles se enquadraram no nível “Sustentável”, 2 no nível “Potencialmente Sustentável”, 3 no nível “Intermediário”, 1 no nível “Potencialmente Insustentável” e 3 no nível “Insustentável” (FIGURA 4 e QUADROS 3 e 4).

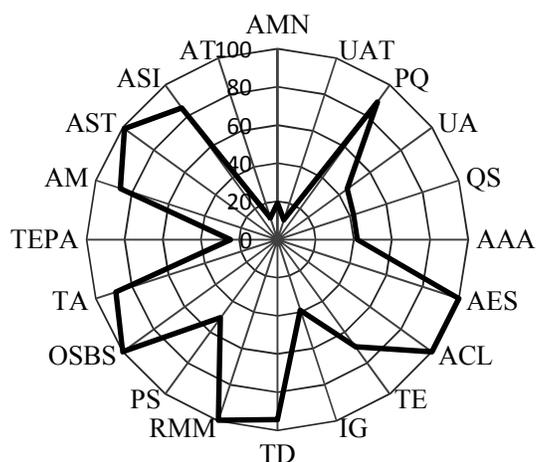


Figura 4 Representação gráfica dos graus dos indicadores de desenvolvimento sustentável da Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

AMN: Área com Mata Nativa, UAT: Uso agrossilvipastoril da terra, PQ: Prática de queimadas, UA: Uso de agroquímicos, QS: Qualidade do solo da sub-bacia, AAA: Acesso a abastecimento de água, AES: Acesso a esgotamento sanitário, ACL: Acesso à coleta de lixo doméstico, TE: Tratamento de esgoto, IG: Índice de Gini, TD: Taxa de desemprego, RMM: Rendimento médio mensal, OSBS: Oferta de serviços básicos de saúde, TA: Taxa de alfabetização, TEPA: Taxa de escolaridade da população adulta, AM: Adequação de moradia, AST: Acesso a serviços de telefonia, ASI: Acesso a serviços de internet, AT: Assistência técnica.

Os indicadores que obtiveram os piores desempenhos e que devem receber atenção especial do Projeto Conservador das Águas são: “Área com Mata Nativa”, “Uso agrossilvipastoril da terra” e “Assistência técnica”. Os dois primeiros estão relacionados ao bem estar ecológico enquanto o último ao bem estar humano.

### 3.2 Bem estar ecológico

O subsistema ecológico da Sub-bacia das Posses foi composto por 9 indicadores distribuídos nos temas “Solo” e “Saneamento” e podem ser visualizados no Quadro 3, juntamente com seus respectivos graus e classificações quanto à sustentabilidade.

Quadro 3 Indicadores de desenvolvimento sustentável do subsistema ecológico, seus graus no método “*Barometer of Sustainability*” e os níveis de sustentabilidade, Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Subsistema	Indicador (IDS)	Grau do BS	Nível de Sustentabilidade
Ecológico	<b>Tema: Solo</b>		
	Área com mata nativa	19	Insustentável
	Uso agrossilvipastoril da terra	11	Insustentável
	Prática de queimadas	89	Sustentável
	Uso de agrotóxicos	45	Intermediário
	Qualidade do solo	42	Intermediário
	<b>Tema: Saneamento</b>		
	Acesso a abastecimento de água	42	Intermediário
	Acesso a esgotamento sanitário	100	Sustentável
	Acesso à coleta de lixo doméstico	100	Sustentável
Tratamento de esgoto	70	Potencialmente Sustentável	

IDS: Indicador de desenvolvimento sustentável; BS: “*Barometer of Sustainability*”

Dentre os indicadores do tema “Solo” e do subsistema “Ecológico”, os indicadores “Área com mata nativa” e “Uso agrossilvipastoril da terra” foram classificados como insustentáveis. A área de mata nativa deve ser aumentada e a área com uso agrossilvipastoril deve ser reduzida a fim de melhorar o nível de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses. De acordo com o estudo de Richards et al. (2015) o Projeto Conservador das Águas contribui para a melhoria desses indicadores, uma vez que, desde a sua criação em 2005, o projeto já conta com mais de 3.000 ha de Mata Atlântica em processo de restauração ecológica no município de Extrema. Diversas áreas do município de Extrema, MG, inclusive na Sub-bacia das Posses, anteriormente utilizadas com pastagens estão sendo convertidas em vegetação nativa, especialmente as áreas de topo de morro e encostas íngremes. Provavelmente, no futuro, esses indicadores alcançarão melhores níveis de sustentabilidade.

Devido às características do relevo da região, predominantemente ondulado e forte ondulado, exigem maiores cuidados no manejo agrossilvipastoril das áreas exploradas. Requerem-se manejos conservacionistas e atividades de baixo impacto ambiental.

Neste subsistema “Ecológico”, o indicador “Prática de queimadas” foi o único que atingiu a classificação “Sustentável” (grau 89). Apenas 2,86% dos entrevistados respondeu que utiliza queimadas para limpeza de áreas na propriedade. Muitos demonstraram consciência dos problemas inerentes às queimadas, outros não as praticam em respeito aos compromissos firmados junto ao Conservador das Águas.

Quanto aos indicadores “Uso de agrotóxicos” e “Qualidade do solo”, ambos foram classificados como “Intermediários”, graus 45 e 42, respectivamente. Em 25,72% das propriedades da Sub-bacia das Posses existe a utilização de agrotóxicos, esse valor foi levantado nas entrevistas de coleta de dados para construção do índice. O uso de agrotóxicos foi verificado especialmente nas propriedades que se dedicam ao cultivo de tomates e pimentões em estufa e ao cultivo de milho.

Quanto ao tema “Saneamento”, o indicador “Acesso a abastecimento de água” atingiu o grau 42 e foi classificado como “Intermediário”. Esse nível de sustentabilidade está ligado ao fato de 71,43% dos entrevistados ter relatado possuir água em abundância durante todo o ano em sua propriedade. No entanto, uma maior parcela deveria não apresentar problemas relacionados ao abastecimento de água para que o indicador pudesse ser classificado com melhores níveis de sustentabilidade.

Os indicadores “Acesso a esgotamento sanitário” e “Acesso à coleta de lixo doméstico” receberam a classificação “Sustentável” por estar presente em 100% das propriedades das Posses, apresentando grau 100 no “*Barometer of Sustainability*”. No entanto, o indicador “Tratamento de esgoto” foi classificado como “Potencialmente Sustentável”, grau 70, devido à ausência de fossas sépticas em 31,42% das propriedades da sub-bacia. Nestas, utiliza-se ainda as fossas negras, com riscos de contaminação da água do lençol freático e dos alimentos, podendo causar sérias doenças em humanos e animais. Essas fossas devem ser substituídas por outras mais eficientes para que tais problemas não ocorram.

### **3.3 Bem estar humano**

O subsistema humano da Sub-bacia das Posses foi composto por 10 indicadores distribuídos nos temas “Equidade” e “Trabalho e remuneração”, “Saúde”, “Educação”, “Habitação” e “Capacidade institucional”. Estes podem ser visualizados no Quadro 4, juntamente com seus respectivos graus e classificações quanto à sustentabilidade.

O indicador “Assistência técnica” um dos indicadores do tema “Capacidade institucional” foi o que apresentou o menor grau dentre todos os analisados, grau 12. Cerca de 90% dos entrevistados declararam não receber assistência técnica em suas atividades produtivas de nenhum órgão municipal, estadual ou federal, assim como de nenhuma Organização Não

Governmental (ONG). As propriedades que produzem tomate e pimentão em estufa e batata inglesa que recebem assistência técnica de engenheiros agrônomos, sendo de caráter pago e particular. As propriedades que se dedicam às atividades de pecuária de corte e leite, maioria dos estabelecimentos, declararam não receber assistência de nenhum profissional.

A assistência técnica por profissionais especializados é imprescindível nas propriedades familiares para que as mesmas produzam com sustentabilidade. Muitas vezes, a orientação de um extensionista ou consultor pode facilitar, agilizar e tornar mais viável economicamente determinado processo produtivo, sem, necessariamente, recorrer a investimentos financeiros.

O indicador “Índice de Gini” foi classificado como “Potencialmente Insustentável” (grau 39). Esse indicador expressa a distribuição de riqueza da população de um local. Na Sub-bacia das Posses foi verificada forte desigualdade social com Índice de Gini de 0,536, situação inferior à apurada para o Brasil (0,515) pelas Nações Unidas e divulgado no Relatório de Desenvolvimento Humano (PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO - PNUD, 2017). Neste relatório o Brasil foi classificado como o décimo país mais desigual do mundo e o quarto da América Latina.

A obtenção do índice de Gini para a Sub-bacia das Posses utilizou dados referentes à renda das propriedades rurais que foram entrevistadas. Enquanto a renda mensal da maioria das propriedades rurais ficou próxima de R\$880,00 (valor referente a um salário mínimo à época das entrevistas); em outras poucas o faturamento mensal apurado atingiu até R\$12.000,000 (valor referente a aproximadamente treze salários mínimos à época das entrevistas). Esta grande disparidade de renda fez com que o indicador apontasse um forte grau de desigualdade social. Destaca-se neste estudo a necessidade de melhoraria desse indicador de desenvolvimento sustentável. Segundo Amorim e Cândido (2015) é necessário reduzir a concentração de

renda, para que a população possa dispor de condições de vida e de sobrevivência mais adequadas.

Durante as entrevistas dos proprietários rurais da Sub-bacia das Posses visando à coleta de dados para este estudo, quando questionados se participavam do Conservador das Águas notou-se que, apenas os que possuem mais de cinco hectares de terras responderam que participam do projeto e recebem Pagamento por Serviços Ambientais (PSA).

Quadro 4 Indicadores de desenvolvimento sustentável do subsistema humano, seus graus no método “*Barometer of Sustainability*” e os níveis de sustentabilidade, Sub-bacia das Posses, Extrema, MG.

Subsistema	Indicador (IDS)	Grau do BS	Nível de Sustentabilidade
Humano	<b>Tema: Equidade</b>		
	Índice de Gini	39	Potencialmente Insustentável
	<b>Tema: Trabalho e remuneração</b>		
	Taxa de desemprego	95	Sustentável
	Rendimento médio mensal	100	Sustentável
	<b>Tema: Saúde</b>		
	Oferta de serviços básicos de saúde	100	Sustentável
	<b>Tema: Educação</b>		
	Taxa de alfabetização	89	Sustentável
	Taxa de escolaridade da população adulta	25	Potencialmente Insustentável
	<b>Tema: Habitação</b>		
	Adequação da moradia	86	Sustentável
	<b>Tema: Capacidade institucional</b>		
	Acesso a serviços de telefonia	99	Sustentável
	Acesso a serviços de internet	85	Sustentável
Assistência técnica	12	Insustentável	

IDS: Indicador de desenvolvimento sustentável; BS: “*Barometer of Sustainability*”.

Segundo os entrevistados, o modelo de PSA adotado atualmente pelo projeto não é atrativo para as menores propriedades, uma vez que o

pagamento é realizado em função do tamanho total do imóvel e não em função da área imobilizada na propriedade pelo projeto. Esta situação pode estar contribuindo para aumentar a desigualdade social no local, uma vez é viável economicamente aos maiores proprietários e não viável aos pequenos. Uma alternativa sugerida neste estudo é a criação modalidade especial de PSA destinada aos pequenos proprietários da sub-bacia. As propriedades menores poderiam estar sendo incentivadas a desenvolver atividades de baixo impacto ambiental, como por exemplo, a adoção de sistemas agroflorestais, uma forma de produzir protegendo o meio ambiente. Nestes sistemas os agricultores integram elementos agrícolas e florestais em uma só área, numa tentativa de imitar as sucessões e estratificações de florestas naturais. Uma diversidade de alimentos de qualidade é produzida, e por serem livres de agrotóxicos possuem alto valor no mercado, especialmente se certificados como orgânicos. Assistência técnica para esses pequenos produtores como uma alternativa de PSA seria uma forma de promoção social, diminuindo conseqüentemente, problemas ambientais e sociais da localidade.

Os Indicadores do subsistema humano: “Rendimento médio mensal” e “Oferta de serviços básicos de saúde” apresentaram nível máximo de sustentabilidade. Segundo Kronemberger e Junior (2015) um rendimento médio mensal superior a R\$2.249,00 (dois mil, duzentos e quarenta e nove reais) é considerado ótimo. Para a Sub-bacia das Posses o valor apurado para o indicador foi de R\$3.281,00 (três mil, duzentos e oitenta e um reais), portanto, quando convertido para a escala do BS atingiu grau 100.

Os indicadores “Taxa de desemprego”, “Taxa de alfabetização”, “Adequação da moradia”, “Acesso a serviços de telefonia” e “Acesso a Serviços de internet” também se enquadraram no nível “Sustentável”.

Nas propriedades entrevistadas 16,36% das pessoas economicamente ativas não estavam trabalhando, no entanto apenas 3,52% estavam à procura de emprego. Assim, de acordo com a metodologia do Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística (IBGE, 2015), esse último valor representa a taxa de desemprego da Sub-bacia das Posses.

A “Taxa de alfabetização” que mediu o grau de alfabetização da população de 15 anos ou mais de idade apurada para a Sub-bacia das Posses foi de 97,10%. Esse valor foi superior ao encontrado para o Brasil e para o Estado de Minas Gerais, referente ao ano de 2012, que apresentaram os valores de 91,4% e 93%, respectivamente (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015).

O indicador “Adequação da moradia” utilizou as seguintes variáveis na sua construção: o número total de domicílios particulares permanentes, a densidade de moradores por dormitório, a coleta do lixo, o abastecimento de água e o esgotamento sanitário, conforme sugerido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2015). Todas as variáveis avaliadas foram consideradas adequadas, exceto abastecimento de água, adequada em 71,43% das propriedades. Portanto, o valor final desse indicador após padronização para a escala do método alcançou grau 86.

Já os indicadores “Acesso a serviços de telefonia” e “Acesso a serviços de internet” se mostraram presente em 97,14 e 45,71% das propriedades das Posses. Esses percentuais na escala do “*Barometer of Sustainability*” correspondem aos graus 99 e 85, respectivamente.

O indicador “Taxa de escolaridade da população adulta” pesou negativamente no cálculo da sustentabilidade da sub-bacia, enquadrando-se no nível de sustentabilidade “Potencialmente Insustentável”. Esse indicador tem por característica verificar a média de anos de estudo de uma população. Para a Sub-bacia das Posses a média encontrada foi de 5,37 anos de estudo por pessoa de 25 a 64 anos de idade. No geral, espera-se que pessoas com 25 anos de idade ou mais tenham concluído, no mínimo, o ensino médio (11 anos de estudo) (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2015). Portanto a taxa de escolaridade da população

adulta da Sub-bacia das Posses é inferior à recomendada

Durante a pesquisa de campo ficou evidente que as pessoas que menos estudaram, e que contribuíram para abaixar essa média, foram aquelas que possuíam maior idade. Essa baixa escolaridade foi, frequentemente, justificada pela necessidade de contribuir financeiramente com o sustento da família, quando os mesmos estavam em idade escolar, forçando-as a abandonar as escolas nos primeiros anos de formação.

### **3.4 Representação gráfica da situação da sustentabilidade da Sub-bacia das Posses**

O nível de sustentabilidade da Sub-bacia das Posses mensurado a partir do “*Barometer of Sustainability*” foi classificado como ‘Intermediário’. O subsistema ecológico foi classificado como ‘Intermediário’ (59,5) e o subsistema humano como ‘Potencialmente Sustentável’ (73). O índice final foi de 66,25, conforme representado graficamente na Figura 5.

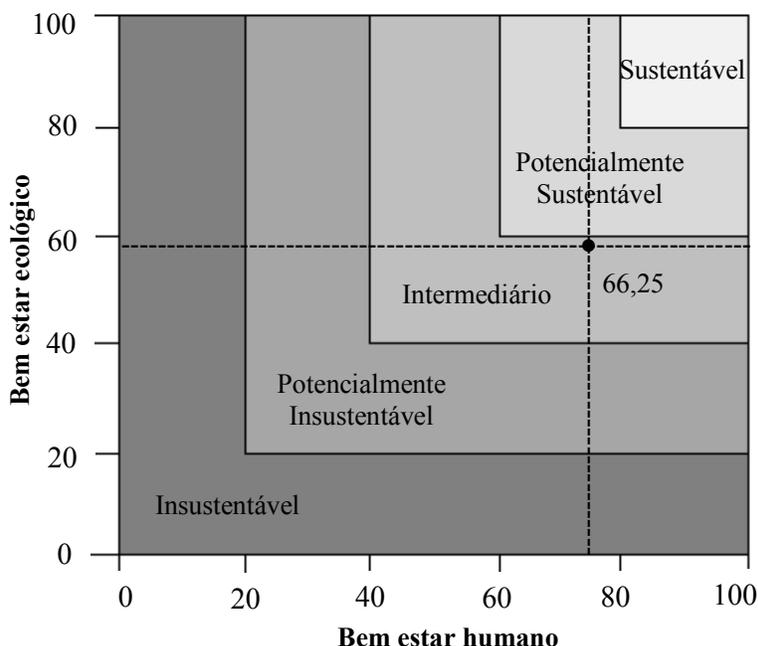


Figura 5 Representação gráfica da sustentabilidade pelo método “*Barometer of Sustainability*”, Sub-bacia das Posses, Extrema, MG

O eixo que representa o bem estar humano foi mais bem avaliado do que aquele referente ao bem estar ecológico. Segundo Lopes e Guerra (2016) não basta que a avaliação do índice seja ótima em apenas um eixo, é necessário que em ambos haja uma equidade de bons e ótimos índices para que o resultado final atinja um maior nível de sustentabilidade.

Observando o gráfico, nota-se que o eixo do bem estar ecológico está próximo do limite entre os níveis de sustentabilidade “Intermediário” e “Potencialmente Sustentável”. Basta algumas ajustes nos indicadores mais defasados do subsistema ecológico para que a classificação da sustentabilidade da Sub-bacia das Posses passe para o nível melhor “Potencialmente Sustentável”. No entanto, deve-se perseguir o nível de sustentabilidade “Sustentável”. Para se atingir este patamar os indicadores que obtiveram graus mais baixos, de ambos os subsistemas, devem ser melhorados.

#### **4 CONCLUSÕES**

Em curto prazo o subsistema ecológico deve ser melhorado, especialmente os indicadores “Área com Mata Nativa”, “Uso agrossilvipastoril da terra” que obtiveram os piores desempenhos devem receber atenção especial do Projeto Conservador das Águas. No longo prazo todos os indicadores que apresentaram graus mais baixos devem ser melhorados.

Foi detectada uma deficiência de assistência técnica que deve ser ofertada, especialmente às menores propriedades da sub-bacia que atualmente não estão aderidas ao Conservador das Águas.

Vislumbra-se como uma das alternativas a ser adotada para melhoria do nível de sustentabilidade do local, a criação de uma modalidade especial de PSA visando fornecer assistência técnica, ao invés de auxílio financeiro, aos pequenos proprietários da sub-bacia. Uma forma de inclui-los ao Projeto Conservador das Águas e torna-los agentes apoiadores do mesmo. A criação desta modalidade de PSA ajudaria na diminuição de alguns problemas sociais e ambientais, como a melhoria da distribuição de renda e diminuição da poluição difusa causada pelas fossas negras que ainda persistem nas propriedades mais carentes e que não participam do Conservador das Águas.

#### **5 AGRADECIMENTOS**

À CAPES, ao CNPq (305010/2013-1) e à FAPEMIG (CAGPPM 00422-13 e CAGAPQ01053-15) pelos recursos financeiros aplicados no estudo, à Prefeitura Municipal de Extrema pelo suporte logístico e financeiro, e, aos entrevistados pela solicitude na prestação das informações.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, E. (1999) **Introdução à Metodologia de Pesquisa Social**. Lavras: UFLA, 125p.
- AVANZI, J. C. et al. Pilot plan on ground water recharge. In: Bilibio, Carolina; Hensel, Oliver; Selbach, Jeferson Francisco. (Org.). **Sustainable water management in the tropics and subtropics - and case studies in Brazil**. 1.ed. Jaguarão/RS: Fundação Universidade Federal do Pampa; Unikassel; PGCult/UFMA, 2011. v. 1, p. 207-228.
- ALVARES, C. A. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013.
- AMORIM, A. S.; ARAÚJO, M. F. F.; CÂNDIDO, G. A. Uso do barômetro da sustentabilidade para avaliação de um município localizado em região semiárida do nordeste brasileiro. **Desenvolvimento em Questão**, v. 12, n. 25, 2014.
- AMORIM, B. P.; CÂNDIDO, G. A. Avaliação da sustentabilidade do setor sucoalcooleiro: Uma aplicação do Barometer of Sustainability no município de Pedras de Fogo–PB. **Engenharia Ambiental: Pesquisa e Tecnologia**, v. 12, n. 1, 2015.
- BISPO, D. F. A. **Efeito do uso e manejo sobre a erosão e atributos de solos da sub-bacia das Posses, Extrema-MG**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 91p. 2017. (Tese de Doutorado).
- CARDOSO, A. S.; TOLEDO, P. M. de; VIEIRA, I. C. G. Barômetro da sustentabilidade aplicado ao município de Moju, Estado do Pará. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 12, n. 1, 2016.
- CARNIEL, T. et al. **Atividade agrícola e recursos naturais na região sob influência do reservatório da hidrelétrica de Itutinga/ Camargos (MG)**. Belo Horizonte: CEMIG, 65 p. 1994.
- DALCHIAVON, E. C.; BAÇO, F. M. B.; DE MELLO, G. R. Barômetro de

Sustentabilidade estadual: Uma aplicação na Região Sul do Brasil. **Gestão e Desenvolvimento**, v. 14, n. 1, p. 54-69, 2017.

EXTREMA. Departamento de Meio Ambiente de Extrema. **Conservador das Águas: 10 Anos**. 2015. p.135. Disponível em <<https://www.nature.org/media/brasil/conservador-de-aguas-10-anos.pdf>>. Acesso em: 18 jun. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 384p. 2015.

JARDIM, M. H. **Pagamentos por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso do município de Extrema-MG**. Brasília, Universidade de Brasília, 2010. 195p. (Dissertação de Mestrado).

JARDIM, M. H.; BURSZTYN, M. A. Pagamento por serviços ambientais na gestão de recursos hídricos: o caso de Extrema (MG). **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 20, n. 3, p. 353-360, 2015.

KRONEMBERGER, D. M. P. et al. Desenvolvimento sustentável no Brasil: uma análise a partir da aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 25-50, 2008.

KRONEMBERGER, D. M. P.; CARVALHO, C. N.; JUNIOR, J. C. Indicadores de sustentabilidade em pequenas bacias hidrográficas: Uma aplicação do “Barômetro da Sustentabilidade” à bacia do Jurumirim (Angra dos Reis/RJ). **Geochimica Brasiliensis**, v.18 n.2 p. 86-98, 2004.

KRONEMBERGER, D. M. P.; JUNIOR, J. C. Aplicação do “Barômetro da Sustentabilidade” na Análise Comparativa do Desenvolvimento Brasileiro. In: Bruno, M. **População, espaço e sustentabilidade: contribuições para o desenvolvimento do Brasil**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Ciências Estatísticas. 2015. 344 p. 2015.

LIMA, G. C. **Avaliação de atributos indicadores da qualidade do solo em relação à recarga de água na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG)**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2010. 101p. (Dissertação de

Mestrado).

LIMA, G. C. **Variabilidade espacial dos atributos físicos e químicos e índice de qualidade dos solos da Sub-bacia das Posses, Extrema (MG), sob diferentes agroecossistemas.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2013. 141p. (Tese de Doutorado).

LIMA, G. C. et al. Spatialization of soil quality index in the Sub-Basin of Posses, Extrema, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 78-84, 2016.

LIMA, G. C. et al. Variabilidade de atributos do solo sob pastagens e mata atlântica na escala de microbacia hidrográfica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 5, p. 517-526, 2014.

LIMA, G. C. et al. Avaliação da cobertura vegetal pelo índice de vegetação por diferença normalizada (IVDN). **Revista Ambiente & Água**, v. 8, n. 2, p. 204-214, 2013a.

LIMA, G. C. et al. Estimativa do potencial de recarga na Sub-bacia das Posses, Extrema (MG) em função dos atributos fisiográficos, pedológicos e topográficos. **Geociências**, v. 32, p. 51-62, 2013b.

LOPES, A. F. A.; GUERRA, M. E. A.. Uma análise dos Instrumentos Metodológicos que utilizam Indicadores e Índices para avaliar a Sustentabilidade em Ambientes Urbanos. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades**, v. 4, n. 28, 2016.

LOURENÇO, M. S. M.; CABRAL, J. E. O. Apicultura e sustentabilidade: visão dos apicultores de Sobral (CE). **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 93, 2016.

LUCENA, A. D.; CAVALCANTE, J. N.; CÂNDIDO, G. A. Sustentabilidade do município de João Pessoa: uma aplicação do barômetro da sustentabilidade. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, n. 1, 2011.

OLIVEIRA, A. H. et al. Caracterização ambiental e predição dos teores de matéria orgânica do solo na Sub-bacia do Salto, Extrema, MG. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33, p. 143–154, 2012.

OLIVEIRA, E. L.; OLIVEIRA, E. A. de A. Q.; CARNIELLO, M. F. O Barômetro da Sustentabilidade Aplicado ao Município de Taubaté-SP. **Desenvolvimento em Questão**, Ijuí, v. 13, n.30, p. 230-264, 2015.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **The Human Development Report 2016**. Disponível em: < <http://hdr.undp.org/en/2016-report>>. Acesso em: 03 ago. 2017. 2017.

PRESCOTT-ALLEN, R. **Assessing progress toward sustainability: the system assessment method illustrated by the wellbeing of nations**. Cambridge: IUCN, 1999.

RICHARDS, R. C. et al. Governing a pioneer program on payment for watershed services: Stakeholder involvement, legal frameworks and early lessons from the Atlantic forest of Brazil. **Ecosystem Services**, v. 16, p. 23-32, 2015.

RODRIGUES, K. F.; RIPPEL, R. Desenvolvimento sustentável e técnicas de mensuração. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 4, n. 3, p. 73, 2015.

RODRIGUES, M. D. A. **Decision-making and motivation to conserve ecosystems: the “Water Conservation” project case study**. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2016. 149 p. (Tese de Doutorado).

SILVA, M. A. **Mapeamento digital de atributos do solo e vulnerabilidade ao escoamento superficial, baseado no conhecimento de campo, na Sub-bacia das Posses, Extrema, MG**. Lavras, Universidade Federal de Lavras, 2013. 110p. (Tese de Doutorado).

SILVA, M. A. et al. Sistema de informações geográficas no planejamento de uso do solo. **Revista Brasileira de Ciência Agrária**, v. 8, n. 2, p. 316–323, 2013.

SILVA, V. C. S.; VIEIRA, I. C. G. Barômetro da Sustentabilidade aplicado a assentamentos rurais do leste do Estado do Pará, Brasil. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, v. 36, p. 201-221, 2016.

ZOLIN, C. A. et al. Minimização da erosão em função do tamanho e localização das áreas de floresta no contexto do Programa Conservador das Águas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 6, p. 2157-2166, 2011.

**APÊNDICE A**

**Questionário semiestruturado aplicado na Sub-bacia das Posses**

**TÍTULO DA PESQUISA:** “ÍNDICES DE QUALIDADE DO SOLO E DE SUSTENTABILIDADE NO CONTEXTO DO PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS, SUB-BACIA DAS POSSES, EXTREMA, MG”.

**PESQUISADORES RESPONSÁVEIS:**

FÁBIO JOSÉ GOMES - MESTRANDO

MARX LEANDRO NAVES SILVA - ORIENTADOR

Data da entrevista: \_\_\_\_/\_\_\_\_/\_\_\_\_.

Início da entrevista: \_\_\_\_\_ horas. Término da entrevista: \_\_\_\_\_ horas

Nome do entrevistado: \_\_\_\_\_

Telefone: \_\_\_\_\_

**As questões estão divididas em 6 blocos:**

Bloco 1: Informações gerais do imóvel rural;

Bloco 2: Informações pessoais e sociais;

Bloco 3: Informações econômicas e sobre a propriedade;

Bloco 4: Informações institucionais;

Bloco 5: Informações ambientais;

Bloco 6: Informações sobre o projeto “Conservador das Águas”.

**BLOCO 1 – INFORMAÇÕES GERAIS DO IMÓVEL RURAL**

1. Nome da propriedade: \_\_\_\_\_

2. Município: \_\_\_\_\_ UF: \_\_\_\_\_

3. Coordenada plana (UTM) (Sede): (X) \_\_\_\_\_ (Y) \_\_\_\_\_

4. Área total (ha): \_\_\_\_\_

5. Situação atual da propriedade:

( ) Particular com escritura

( ) Particular com posse

( ) Arrendada

- Domínio Público  
 Outro tipo. Especifique:
- 

## **BLOCO 2 - DADOS PESSOAIS E SOCIAIS**

*Obs.: Deverá ser respondido pelo principal tomador das decisões da propriedade, o “proprietário ou arrendatário”.*

1. Sexo:
 

Feminino       Masculino
2. Nome: \_\_\_\_\_
3. Idade: \_\_\_\_\_
4. Nasceu em Extrema?
 

Sim    Não
- 4.1. Se não, onde nasceu? \_\_\_\_\_ UF: \_\_\_\_\_
5. Reside na propriedade rural?
 

sim       não
6. Se NÃO reside na propriedade qual o motivo de não residir?
7. Se NÃO reside na propriedade rural qual é o seu endereço residencial?
8. Sabe ler e escrever ?
 

Sim    Não
9. Nível de escolaridade:
 

Primário incompleto (1ª a 4ª série)/ (atual 2º ao 5º ano)

Primário completo (1ª a 4ª série)/ (atual 2º ao 5º ano)

1º grau completo ou Ensino fundamental (5ª a 8ª série)/ (atual 6º ao 9º ano)

2º grau completo ou Ensino Médio (1º a 3º colegial)

Ensino técnico profissionalizante. Qual curso? \_\_\_\_\_

Superior incompleto. Qual curso? \_\_\_\_\_

Superior completo. Qual curso? \_\_\_\_\_

Pós-graduação incompleta. Qual curso? \_\_\_\_\_

Pós-graduação completa. Qual curso? \_\_\_\_\_

( ) Outros, especifique: \_\_\_\_\_

10. Qual a sua profissão? \_\_\_\_\_

11. O (a) senhor (a) trabalha na atividade agropecuária? Se sim, há

QUANTOS ANOS? \_\_\_\_\_

12. A sua família é composta por quantas pessoas? (Considere o entrevistado) \_\_\_\_\_. Especifique:

N° de identificação	Relação de parentesco	Idade	Trabalha?	
			Sim	Nã o
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
09				
10				

13. Quem da família mora com você? (inserir somente o n° de identificação).

14. Qual a ESCOLARIDADE de cada membro da família?

N° de identificação	Escolaridade	N° de identificação	Escolaridade
01		06	
02		07	
03		08	
04		09	
05		10	

15. Algum membro familiar com 7 a 14 anos deixou de estudar ?

( ) Não. Quantos? \_\_\_\_\_

( ) Sim. Quantos?

Porque? \_\_\_\_\_

16. Quando necessário, o (a) senhor (a) e a sua família recorrem a qual sistema de saúde?

( ) SUS (SISTEMA ÚNICO DE SAUDE)

( ) Sistema privado

( ) Outros. Especifique: \_\_\_\_\_

17. Nas Posses existe oferta de serviços básicos de saúde? ( ) Sim

( ) Não

17.1. Sua residência pertence ao qual PSF (Programa da Saúde da Família)?

18. Como você classifica o saneamento básico no município (comunidade) em que vive?

( ) Ótimo ( ) Bom ( ) Regular ( ) Ruim ( ) Péssimo

19. Algum membro da família já foi internado com alguma doença relacionada ao mau saneamento nos últimos 5 anos? (por exemplo, amebíase, ascaridíase, cisticercose, cólera, diarreia, desintérias, elefantíase, esquistossomose, febre amarela, febre tifóide, giardíase, hepatite, infecções na pele e nos olhos, leptospirose, malária, poliomielite, teníase, etc.).

( ) Sim ( ) Não

Se sim, qual (is) foi (ram) a (s) doença (s)?

20. Você considera que as condições de habitação da sua casa são boas?

( ) Sim ( ) Não

Porquê? \_\_\_\_\_

21. Qual o meio de TRANSPORTE o (a) senhor (a) e a sua família utilizam para deslocar da sua propriedade rural à zona urbana da cidade?

22.1. Em sua opinião, qual a condição da estrada?

( ) Péssima ( ) Regular ( ) Boa ( ) Ótima

23. O (a) senhor (a) sente-se SEGURO na propriedade rural?

( ) Sim. Por quê? \_\_\_\_\_

( ) Não. Por quê?

---

### **BLOCO 3 - DADOS ECONÔMICOS E SOBRE A PROPRIEDADE**

1. Qual foi a RENDA BRUTA anual da propriedade ao final no último ano?

( ) Até R\$ 2.500,00

( ) De R\$ 2.500,00 a R\$ 10.000,00

( ) De R\$ 10.000,00 a R\$ 25.000,00

( ) De R\$ 25.000,00 a R\$ 50.000,00

( ) De R\$ 50.000,00 a R\$ 100.000,00

( ) De R\$ 100.000,00 a R\$ 500.000,00

( ) R\$ 500.000,00 a 800.000,00

( ) Acima de R\$ 800.000,00

2. Qual a renda média mensal BRUTA da família

---

3. O (a) Senhor (a) possui OUTRA ATIVIDADE REMUNERADA além de produtor(a) rural?

( ) Sim. Qual?

---

( ) Não.

A maior parte da sua renda origina-se desta(s) atividade(s) ou da renda de produtor (a) rural?

---

4. No ano de 2015, quais foram as suas ATIVIDADES RURAIS?

( ) Cultivo de plantas perenes. Quais? Qual a área?

---

( ) Cultivo de plantas anuais. Quais? Qual a área?

---

( ) Pecuária de corte. Qual a raça? Quantas cabeças? Área, tipo de pastagem e manejo?

---

( ) Pecuária de leite. Qual a raça? Quantas cabeças? Área, tipo de pastagem e manejo?

---

( ) Floresta plantada. Qual espécie? Área plantada?

---

( ) Turismo rural. Como?

---

( ) Outra (s) atividade (s):

---

5. Quantos hectares aproximadamente na sua propriedade estão ocupados com:

Áreas verdes (APP, Reserva Legal, Mata):

---

Benfeitorias (casa, terreiros, etc):

---

Culturas agrícolas:

---

Terras sem nenhum uso

(especifique): \_\_\_\_\_

Outras áreas:

---

6. O (a) senhor (a) conhece alguma LINHA DE CRÉDITO e incentivo à sustentabilidade da propriedade rural?

( ) Não.

( ) Sim. Qual? Já utilizou? Continua utilizando?

---

7. Possui algum tipo de CERTIFICAÇÃO? Ex.: Certificado de produtos orgânicos, certificado de produção ecológica de madeira, selo verde etc. \_\_\_\_\_

7.1. Se não, tem vontade de ter?

---

8. Que tipo de MÃO-DE-OBRA é utilizada nas atividades desenvolvidas em sua propriedade,?

- ( ) Somente familiar.  
 ( ) Familiar e contratada.  
 ( ) Somente contratada.

Caso contrário:

A mão-de-obra é PERMANENTE ou TEMPORÁRIA?

- ( ) Permanente ( ) Temporária

QUEM TRABALHA MAIS dias durante o ano?

- ( ) Mão-de-obra familiar ( ) Mão-de-obra contratada.

Qual o CUSTO MÉDIO DA MÃO-DE-OBRA

(homem/dia)? \_\_\_\_\_

O (a) Senhor (a) acha o custo da mão de obra caro ou barato?

---

A mão-de-obra é: ( ) QUALIFICADA e fácil de encontrar

( ) sem qualificação e fácil de encontrar

( ) QUALIFICADA e difícil de encontrar

( ) sem qualificação e difícil de encontrar

#### **BLOCO 4 – INFORMAÇÕES INSTITUCIONAIS**

1. Qual o principal MEIO o (a) Senhor (a) utiliza para se informar? Com que frequência?

	Diário	Semanal	Quinzenal	Mensal	Nunca
TV					
Boletins informativos fornecido por entidades de assistência técnica					
Rádio					

Jornais impressos					
Internet					
Comunicação com vizinhos e outras pessoas					

Outro: Qual?

---

2. O (a) senhor (a) possui telefone fixo e/ou celular?

( ) Sim ( ) Não.

3. O (a) senhor (a) tem ACESSO A INTERNET EM CASA (residência)?

( ) Não.

( ) Sim e uso principalmente

para: \_\_\_\_\_

( ) Sim, mas não uso. Por quê?

---

4. Se NÃO tem acesso a internet em casa, tem acesso em outro local?

( ) Não.

( ) Sim. Especifique o local e o uso principal.

---

5. O (a) senhor (a) tem acesso à ASSISTÊNCIA TÉCNICA em sua propriedade?

( ) Sim ( ) Não

5.1. Se sim, qual a origem dessa assistência?

( ) Assistência privada e/ou de profissionais que trabalham na propriedade.

( ) Assistência de órgãos públicos, somente quando requisitados. Quais os órgãos? \_\_\_\_\_

( ) Assistência de órgãos públicos porque estes o procuram. Quais os órgãos? \_\_\_\_\_

Em qual frequência? \_\_\_\_\_

6. Com relação à ASSISTÊNCIA TÉCNICA recebida em sua propriedade

rural, você afirmaria que?

- ( ) Não recebo  
 ( ) Sente-se muito satisfeito  
 ( ) Poderia melhorar  
 ( ) Não está satisfeito  
 ( ) Está completamente insatisfeito

7. O (a) senhor (a) participa de alguma ASSOCIAÇÃO ou sindicato?

- ( ) Não e não tenho interesse em participar. Por quê?
- 

- ( ) Não, mas tenho interesse em participar? Por quê?
- 

- ( ) Sim. Qual? Quais principais vantagens e desvantagens dessa participação?
- 

## **BLOCO 5 - INFORMAÇÕES AMBIENTAIS**

### **Água**

1. Local (is) de CAPTAÇÃO:

- ( ) cisterna ( ) nascente ( ) córrego ( ) rio ( ) poço artesiano ( ) lago, represa ou barramento

- ( ) outros: especifique. \_\_\_\_\_

2. FINALIDADE do (s) uso (s):

- ( ) Consumo humano ( ) Dessedentação de animais ( ) Irrigação ( ) Recreação

- ( ) outros: especifique. \_\_\_\_\_

3. O (a) senhor (a) acha que a ÁGUA CONSUMIDA pelo (a) senhor (a) e sua família é de qualidade?

- ( ) Sim  
 ( ) Não. Por quê? -- \_\_\_\_\_

4. Existem NASCENTES na sua propriedade?

- ( ) Não

( ) Sim. Quantas? \_\_\_\_\_

São: ( ) Perenes ou ( ) Intermitentes

Estão cercadas?

( ) Não ( ) Sim

5. O (a) senhor (a) conhece alguma nascente que desapareceu (secou) nos últimos 5 anos?

( ) Não ( ) Sim

Se SIM, responda:

Quantas? \_\_\_\_\_

5.1. Em sua opinião, o que levou ao desaparecimento dela (s)?

6. O (a) senhor (a) conhece alguma nascente que voltou a emitir água nos últimos 5 anos?

( ) Não ( ) Sim

Se SIM, responda:

Quantas? \_\_\_\_\_

6.1. Em sua opinião, o que levou à recuperação dessa (s) nascente (s)?

7. Em sua opinião, existe relação entre mata e água?

( ) Sim ( ) Não

Qual relação? \_\_\_\_\_

8. E entre Solo e água existe relação?

( ) Sim ( ) Não

Qual relação?

9. O (a) senhor (a) enfrentou alguma DIFICULDADE na sua propriedade com a disponibilidade de água nos anos de 2014 e 2015?

( ) Não ( ) Sim

Se SIM. Quais dificuldades? \_\_\_\_\_

O que o (a) senhor (a) fez para minimizar o problema?

10. Hoje o (a) senhor (a) sente-se PREPARADO para um eventual período de estiagem?

( ) Não ( ) Sim

Por quê? \_\_\_\_\_

11. Qual (is) tipo (s) de fertilizante (s) o (a) senhor (a) utiliza em sua propriedade?

( ) Mineral. Quantos quilos por ano? \_\_\_\_\_

( ) Orgânico. Quantos quilos por ano? \_\_\_\_\_

11.3. Em quantos hectares de plantação é utilizado fertilizante:

Mineral? \_\_\_\_\_

Orgânico? \_\_\_\_\_

11.2. Em quais as culturas o senhor (a) aplica os fertilizantes

minerais? \_\_\_\_\_

11.2. Em quais as culturas o senhor (a) aplica os fertilizantes

orgânicos? \_\_\_\_\_

12. Quantos quilos de agroquímicos o senhor (a) utiliza na propriedade por ano? \_\_\_\_\_

12.1. Quais os agroquímicos são mais utilizados pelo senhor (a)?

\_\_\_\_\_

12.2. Em quais as culturas o senhor (a) aplica agroquímicos?

\_\_\_\_\_

13. O senhor tem o hábito de usar queimadas como prática de limpeza de áreas na sua propriedade?

( ) Sim ( ) Não

13.1. Se sim, quantas vezes ao ano? \_\_\_\_\_

14. A prefeitura realiza coleta de lixo em sua propriedade?

( ) Sim

( ) Não

14.1. Se sim, quantas vezes por semana? \_\_\_\_\_

14.2. Se não, qual o destino dos lixos produzidos em sua propriedade?

\_\_\_\_\_

15. Na sua propriedade existe rede de esgoto? ( ) Sim ( ) Não

15.1. Qual o destino final do esgoto? ( ) Rede geral de esgoto ou pluvial ( ) Fossa séptica ( ) Fossa rudimentar ( ) Vala ( ) Córrego, rio ou lago ( )

Outro: Especifique:

---

16. Existe algum tipo de tratamento do esgoto em sua propriedade?

( ) Sim ( ) Não

Se sim, Qual? \_\_\_\_\_

### **Manejo e conservação dos solos**

1. A sua propriedade possui áreas com EROSÃO?

( ) Sim ( ) Não

2. Se SIM, responda: QUE TIPO DE EROSÃO (descreva com as suas próprias palavras)?

---

3. Se POSSUI VOÇOROCA responda:

Há mais ou menos quanto tempo elas existem?

---

O Senhor (a) tem observado avanço da área de voçoroca?

---

O que o senhor (a) faz para contê-la?

---

4. Quais PRÁTICAS o (a) senhor (a) utiliza-se em sua propriedade:

( ) Plantio direto

( ) Cobertura morta

( ) Terraços locado em nível

( ) Adubação verde

( ) Terraços locado em desnível

( ) Cultivo mínimo

( ) Cordões de vegetação

( ) Rotação de culturas

( ) Sistema agroflorestal

Outras práticas comuns que utiliza em sua propriedade que não foi mencionado? \_\_\_\_\_

**BLOCO 6 – INFORMAÇÕES SOBRE O PROJETO****“CONSERVADOR DAS ÁGUAS”.**

1. O senhor (a) participa do projeto “Conservador das Águas”?

( ) Sim ( ) Não

1.1. Se sim, quanto tempo faz que participa do projeto?

---

1.2. Se não, porque não aderiu ao projeto?

---

2. O que o senhor (a) acha do valor pago por hectare cercado pelo programa Conservador das Águas?

( ) Muito pouco ( ) Pouco ( ) Razoável ( ) Bom ( ) Justo ( ) Mais do que o justo

2.1. Se não acha o valor o justo, qual seria o valor justo por hectare cercado?

---

3. O senhor (a) acha que a sua propriedade está contribuindo para aumentar ou diminuir a QUALIDADE e QUANTIDADE de água no Ribeirão das Posses?

---

4. Ao cultivar uma área, o senhor (a):

( ) faz ARAÇÃO morro abaixo, ( ) aração em nível, ou ( ) planta direto na cobertura morta sem arar o solo.

5. O senhor (a) faz PLANTIO morro a baixo ou em nível?

---

5.1. Qual o (a) senhor (a) acha mais adequado? Porque?

---

5.2. Se o (a) senhor (a) faz plantio morro abaixo e acha mais adequado o plantio em nível, por qual razão não planta em nível?

---

6. Sobre o solo da sua propriedade, o (a) senhor (a) acha que tem boa qualidade? ( ) Sim

7. ( ) Não Porquê?

---

7.1. Em sua opinião, o que o solo tem que ter para ser classificado como de boa qualidade?

---

Em sua opinião qual a propriedade nas Posses que tem o melhor solo para cultivo? Porque?

---

8. O (a) senhor (a) acha que o volume de água do ribeirão das Posses aumentou após a implantação do programa Conservador das Águas?

( ) Sim ( ) Não.

Em sua opinião, qual seria a justificativa?

---

8.1. Após a implantação do programa Conservador das Águas o senhor notou diferença em relação à QUALIDADE da água do ribeirão das Posses?

( ) Sim ( ) Não. Se sim, o que mudou?

---

9. Numa escala de zero a dez, quanto o (a) senhor (a) acha importante o controle da erosão para a qualidade do solo e da água?

---

10. Em sua opinião, qual parte da sua propriedade que tem o solo de melhor qualidade? Porquê?

---

11. O (a) senhor (a) recebe pagamento por serviços (PSA) da prefeitura de Extrema? ( ) Sim ( ) Não

11.1. Se sim, o (a) senhor (a) acha que o pagamento por serviços ambientais está ajudando na sua permanência e de sua família na zona rural? ( ) Sim ( ) Não

12. O (a) senhor (a) acha que as propriedades rurais que apresentam um solo menos degradado e portanto de melhor qualidade deveriam receber mais por isso? ( ) Sim ( ) Não. Porquê?

---

13. O (a) senhor (a) participa de alguma associação? Sim ( ) Não ( ) Qual

---

13.1. Se sim, esta associação ajuda o (a) senhor (a) a decidir sobre a adesão ou permanência no Conservador das Águas?

( ) Sim ( ) Não.

14. Em sua opinião o que poderia incentivar os produtores a manter a mata em pé?

---

14.1. O que o (a) senhor (a) acha da possibilidade da exploração sustentável das áreas recuperadas pelo “Conservador das Águas” poderia ajudar a manter as matas em pé?

---

15. O que poderia incentivá-los a cortar as matas?

---

16. Após a implantação do “Conservador das Águas” na Sub-bacia das Posses o (a) senhor (a) passou a preocupar mais com a natureza? (modificou a consciência ambiental?) Sim ( ) Não ( ) Em que sentido? \_\_\_\_\_

**ANEXO A**

**Parecer de aprovação da pesquisa emitido pelo Comitê de Ética em  
Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Lavras**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS



**PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP**

**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

**Título da Pesquisa:** QUALIDADE DO SOLO EM RELAÇÃO À EROÇÃO HÍDRICA E RECARGA DE ÁGUA EM UMA SUB-BACIA HIDROGRÁFICA

**Pesquisador:** FÁBIO JOSÉ GOMES

**Área Temática:**

**Versão:** 2

**CAAE:** 54722916.7.0000.5148

**Instituição Proponente:** Universidade Federal de Lavras

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

**DADOS DO PARECER**

**Número do Parecer:** 1.605.713

**Apresentação do Projeto:**

idem anterior

**Objetivo da Pesquisa:**

idem anterior

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

idem anterior

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

idem anterior

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

A declaração assinada pelo Secretário Municipal do Meio Ambiente de Extrema-MG foi anexada.

**Recomendações:**

Alterar a data de início de coleta de dados após a aprovação do projeto pelo comitê.

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Acatar a recomendação

**Considerações Finais a critério do CEP:**

Ao Final do experimento o pesquisador deverá enviar relatório final, indicando ocorrências e

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037

**Bairro:** PRP/COEP

**UF:** MG

**Município:** LAVRAS

**CEP:** 37.200-000

**Telefone:** (35)3829-5182

**E-mail:** coep@nintec.ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS



Continuação do Parecer: 1.605.713

efeitos adversos quando houver.

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_685635.pdf	17/05/2016 09:26:51		Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	termo_de_compromisso_da_instituicao_v2.pdf	17/05/2016 09:20:25	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Outros	Carta_resposta.docx	17/05/2016 09:11:25	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Declaração do Patrocinador	declaracao_prefeitura_extrema.pdf	17/05/2016 09:08:45	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	PROJETO_DETALHADO_FABIO_GOMES.doc	03/05/2016 14:14:11	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_UFLA.doc	03/05/2016 14:11:29	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Orçamento	Orçamento_detalhado.docx	29/03/2016 11:13:05	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Outros	Questionario.pdf	28/03/2016 20:50:56	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Outros	comentarios_eticos.pdf	28/03/2016 20:30:04	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	Declaracao_do_pesquisador.pdf	28/03/2016 20:23:23	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Cronograma	Cronograma_execucao_da_pesquisa.pdf	28/03/2016 20:22:11	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	28/03/2016 20:20:25	FABIO JOSÉ GOMES	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037  
**Bairro:** PRP/COEP **CEP:** 37.200-000  
**UF:** MG **Município:** LAVRAS  
**Telefone:** (35)3829-5182 **E-mail:** coep@nintec.ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
LAVRAS



Continuação do Parecer: 1.605.713

LAVRAS, 24 de Junho de 2016

---

**Assinado por:**  
**Michel Cardoso De Angells Pereira**  
**(Coordenador)**

**Endereço:** Campus Universitário Cx Postal 3037  
**Bairro:** PRP/COEP **CEP:** 37.200-000  
**UF:** MG **Município:** LAVRAS  
**Telefone:** (35)3829-5182 **E-mail:** coep@nintec.ufla.br