

CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS, CONSERVAÇÃO DO SOLO E PRODUÇÃO AGRÍCOLA: estudo de caso da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG

LAND USE CAPACITY, SOIL CONSERVATION AND AGRICULTURAL PRODUCTION: case study on sub-basin Ribeirão Caçús, Alfenas – MG

CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA, CONSERVACIÓN DEL SUELO Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA: estudio de caso de la cuenca Ribeirão Caçús, Alfenas – MG

Lucas Emanuel Servidoni

Doutorando e Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. Graduado em Geografia pela UNIFAL-MG.
les.servidoni@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0003-1741-1706>

Benedito Majela de Oliveira Júnior

Graduando em Química pela Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.
ditojunior23@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0001-9753-6001>

Marcos Coelho Bissoli

Doutor em Ciência do Alimento pela Universidade Federal de Lavras – UFLA. Professor Adjunto da Faculdade de Nutrição da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.
mbissoli@gmail.com / <http://orcid.org/0000-0001-6921-8428>

Ronaldo Luiz Mincato

Doutor em Ciências e Mestre em Geociências pela Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. Professor Associado no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG.
ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br / <http://orcid.org/0000-0001-8127-0325>

Recebido para avaliação em 20/08/2019; Aceito para publicação em 20/11/2019.

RESUMO

A definição das classes de uso das terras é um instrumento de adequação do uso do solo em propriedades rurais e bacias hidrográficas. Para tanto, estabelece a partir da relação dos fatores intrínsecos do solo, do relevo e do clima oito classes de uso da terra. O objetivo deste trabalho foi a definição das classes de capacidade de uso das terras visando à promoção da segurança alimentar e nutricional. Portanto, foram definidas as classes de uso das terras para a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Sul de Minas Gerais – Brasil. As classes de uso do solo foram definidas como: classes IV; VI e VIII, com valores em porcentagem de 34%, 58% e 8% respectivamente. As classes IV e VI demandam manejos específicos para aumento da produtividade no agronegócio. A classe VIII são terras impróprias para cultivos, pastagens ou reflorestamento, podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora. Posteriormente, por meio do mapa de uso do solo foram identificadas e quantificadas as áreas com uso do solo acima da respectiva capacidade de uso e foi constatado que 15% da área está ocupada com culturas agrícolas incompatíveis com a capacidade de uso. Os resultados obtidos reforçam a importância de conservação do solo para assegurar a

capacidade produtiva do mesmo, promovendo a segurança alimentar e nutricional e elevados índices de produtividade agrícola.

Palavras-chave: Segurança Alimentar e Nutricional; Uso da Terra; Erosão.

ABSTRACT

The definition of the land use classes is an instrument for soil use adequacy in rural properties and watersheds. For such, it establishes eight classes of land use, from the relation of soil intrinsic factors, geographic relief and climate. This work's goal was to define land use capacity classes aiming to promote nutritional and food security. Furthermore, land use classes were defined for the Ribeirão Caçús watershed, southern Minas Gerais - Brazil. Land use classes were defined as: classes IV; VI and VIII, with percentage values of 34%, 58% and 8% respectively. Classes IV and VI require specific management to increase productivity in agribusiness. Class VIII is an unsuitable area for cultivation, pasture or reforestation, it can only serve as shelter and protection of fauna and flora. Subsequently, the land use map identified and quantified the land use areas above their use capacity and found that 15% of the area is occupied with crops that are incompatible with the use capacity. The results strengthen the importance of soil conservation to ensure its productive capacity, promoting food and nutritional security and higher levels of agricultural productivity.

Keywords: Food and Nutrition Security; Land Use; Erosion.

RESUMEN

La definición de clases de uso de la tierra es un instrumento para la adecuación del uso de la tierra en propiedades rurales y cuencas hidrográficas. Para este fin, establece a partir de la relación de factores intrínsecos del suelo, el alivio y el clima ocho clases de uso de la tierra. El objetivo de este trabajo fue la definición de clases de capacidad de uso de la tierra con el objetivo de promover la seguridad alimentaria y nutricional. Por lo tanto, se definieron clases de uso de la tierra para la cuenca del Ribeirão Caçús, sur de Minas Gerais - Brasil. Las clases de uso del suelo se definieron como: clases IV; VI y VIII, con valores porcentuales del 34%, 58% y 8% respectivamente. Las clases IV y VI requieren un manejo específico para aumentar la productividad en los agronegocios. La clase VIII es tierra no apta para cultivo, pasto o reforestación, solo puede servir como refugio y protección de fauna y flora. Posteriormente, el mapa de uso de la tierra identificó y cuantificó las áreas de uso de la tierra por encima de su capacidad de uso y descubrió que el 15% del área está ocupada con cultivos incompatibles con la capacidad de uso. Los resultados refuerzan la importancia de la conservación del suelo para garantizar su capacidad productiva, promoviendo la seguridad alimentaria y nutricional y altos niveles de productividad agrícola.

Palabras clave: Seguridad Alimentaria y Nutricional; Uso del Suelo; Erosión.

INTRODUÇÃO

O aumento de demanda por alimentos devido ao crescimento demográfico nos últimos séculos está exigindo o desenvolvimento de práticas agrícolas mais eficientes para o aumento da produtividade. Entretanto, as dificuldades de acesso a informações referentes à conservação dos solos e da água por parte dos produtores rurais colocam esses recursos em risco. Novas áreas agrícolas são ocupadas de forma arbitrária sem respeitar a sua capacidade natural de uso, comprometendo a prestação de serviços ambientais e a soberania alimentar e nutricional (LEPSCH et al., 2015; AYER et al., 2015; SERVIDONI et al., 2016).

Serviços ambientais são benefícios que a sociedade obtém dos ecossistemas e das relações ecológicas entre as espécies. Exemplo de serviços ambientais são o equilíbrio hidrológico, a prevenção e controle dos deslizamentos de massa, controle da erosão e à polinização. Os principais serviços ambientais que contribuem para a melhoria da agricultura são: fertilização natural do solo pelo acúmulo de matéria orgânica a partir da decomposição de plantas, animais e microrganismos, o aumento da produtividade devido aos serviços de polinização prestados por abelhas e insetos, além dos benefícios estéticos e da conservação dos recursos naturais. Tais serviços são essenciais e contribuem para o aumento da produtividade agrícola, ou seja, para produção de alimentos em maior quantidade e melhor qualidade (PARRON et al., 2015).

O sistema de capacidade de uso das terras de Lepsch et al. (2015) é um instrumento de gestão e planejamento ambiental de bacias hidrográficas e de propriedades rurais. Esse sistema define classes de capacidade de uso da terra considerando o uso mais adequado, eficiente e as limitações para uso do solo. Correlacionado ao mapa de uso do solo, o sistema aponta áreas acima da capacidade de uso e áreas sob risco de processos de degradação, como erosão hídrica, lixiviação de nutrientes e perda da capacidade produtiva.

O sistema de capacidade de uso das terras permite identificar áreas sob práticas de manejo ineficientes e propor alternativas de uso do solo para fins agropecuários que atendam a sua capacidade natural. Porém, além de adequar o uso à respectiva classe de capacidade é necessário atentar às práticas de manejos adotadas na produção agrossilvipastoril. O manejo conservacionista do solo é essencial para alcançar uma agricultura socioeconômica justa e ambientalmente sustentável (SILVA et al., 2013; SILVA, 2016; SERVIDONI et al., 2016).

Dentre as práticas de manejo, a Agroecologia é uma alternativa viável para o desenvolvimento de pequenas e médias propriedades rurais com até 26 ha (NICOLAU et al., 2018). Pautada na ecologia, a Agroecologia propõe uma alternativa ao manejo convencional e, assim, privilegia os fertilizantes orgânicos, como matéria orgânica, lodo de esgoto tratado, incorporação de biomassa em sistemas de plantio direto e remineralização em detrimento aos fertilizantes e agroquímicos tradicionais. Neste cenário, a Agroecologia aliada ao sistema de capacidade de uso das terras permite promover a manutenção dos serviços ambientais e ecossistêmicos e contribuir para a promoção da soberania e segurança alimentar e nutricional (MACFADYEN et al., 2012; PARRON et al., 2015; MALUF et al., 2015; SERVIDONI et al., 2016).

A partir do pressuposto de que não há um modelo único de produção, Maluf et al. (2015) propõem o conceito de agrossilvicultura voltada à nutrição como alternativa ao modelo atual do agronegócio brasileiro. Segundo os autores, é possível adotar um modelo de produção agrícola fortalecido nas redes locais de produção, provisão e consumo de alimentos e que busquem a conservação, recuperação e valorização da agrobiodiversidade regional. Visa alterar a matriz de produção convencional para sistemas sustentáveis e diversificados de produção de alimentos, como as técnicas agroecológicas dos sistemas agroflorestais. Na perspectiva da soberania alimentar, a defesa da biodiversidade é fundamental, visto que muitas espécies são perdidas, devido ao modelo de produção em larga escala do agronegócio tradicional. Portanto, conciliar a produção de alimentos com sistemas sustentáveis de produção agrícola pode fazer parte de uma política de promoção da soberania alimentar (AZEVEDO; RIBAS, 2016).

Em estudos sobre perdas de solo relacionadas à erosão hídrica, Olivetti et al. (2015) avaliaram a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, em Alfenas, sul do Estado de Minas Gerais e constataram em 2011 perdas médias de solo de $2,65 \text{ Mg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$, onde 8,4% da área apresentava perdas acima do limite de tolerância de perdas de solo (TPS).

A partir da definição das classes de capacidade de uso, da adequação do uso das terras e da adoção de práticas de manejo agrícola conservacionistas, este trabalho teve por objetivo demonstrar que a adoção do sistema de capacidade de uso das terras (LEPSCH et al., 2015) pode ser um instrumento de promoção da sustentabilidade agrícola intrinsecamente conectada à soberania alimentar e nutricional e à conservação dos recursos naturais

MATERIAIS E MÉTODOS

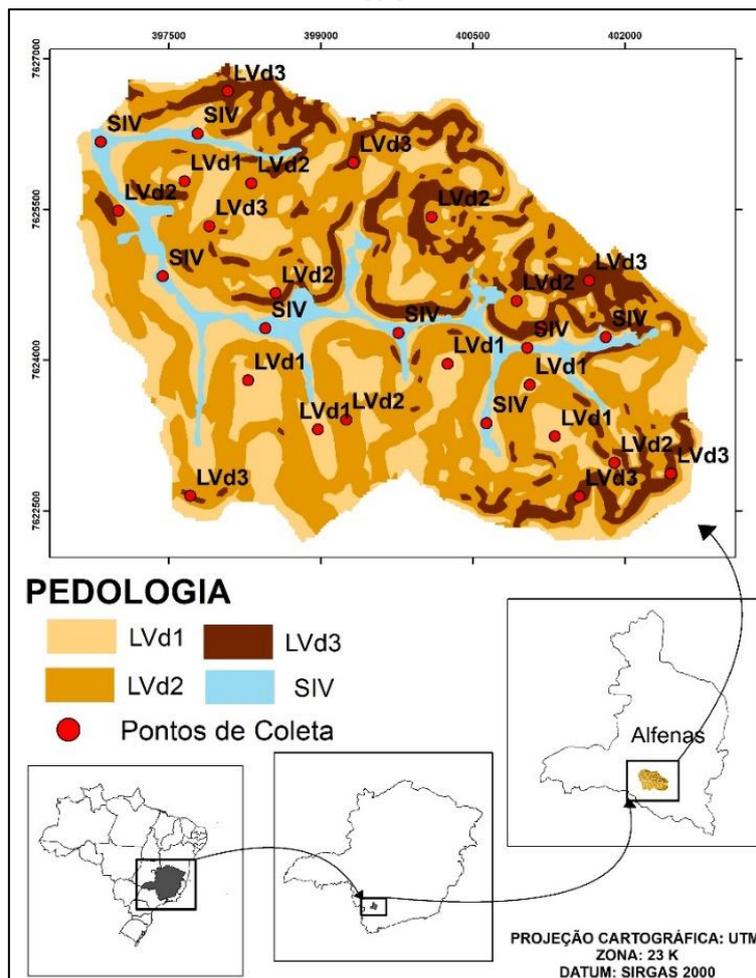
A sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús (Figura 1) está localizada na vizinhança da área urbana do Município de Alfenas, Sul do estado de Minas Gerais, Sudeste do Brasil. Possui 2.069,95 ha, inseridos entre as coordenadas geográficas $21^{\circ} 26'$ a $21^{\circ} 29'$ S e $45^{\circ} 56'$ a $46^{\circ} 00'$ O, com altimetria entre 780 e 960 m. A sub-bacia faz parte da bacia hidrográfica do Rio Grande e é afluente direta do reservatório da Usina Hidrelétrica de Furnas (OLIVETTI et al., 2015).

Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da área de estudo é o tropical mesotérmico (Cwb) com 1.500 mm de precipitação média anual (SPAROVEK et al., 2007).

O substrato geológico é formado por rochas polimetamórficas e polideformadas Pré-cambrianas: granulitos, gnaisses e charnoquitos (HASUY, 2010).

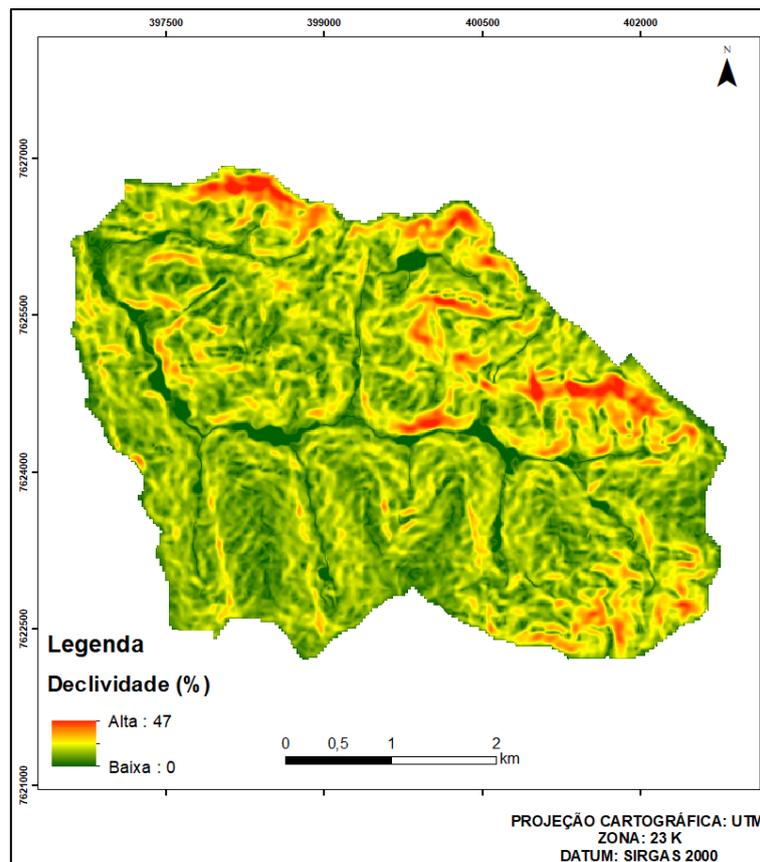
A classificação digital dos solos foi elaborada pelo método de Mcbratney et al. (2003) está representada na Figura 1, conforme o mapa de declividade do terreno obtido pelo Modelo Digital de Elevação ASTER GDEM cujas classes de declividade foram organizadas segundo Embrapa (2006) (Figura 2).

Figura 1 – Mapa de solos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG, com as unidades de solo.



Legenda: LVd1: Latossolo Vermelho Distrófico em relevo plano; LVd2: Latossolo Vermelho Distrófico em relevo suave ondulado; LVd3: Latossolo Vermelho Distrófico em relevo ondulado e SIV: Solos indiscriminado de várzea, nas planícies aluviais. Fonte: Olivetti et al. (2015).

Figura 2 – Mapa de declividade da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG.



Fonte: EMBRAPA (2006).

As informações referentes aos atributos físicos e químicos do solo foram obtidas de 32 amostras de solo da camada superficial de 0,0 - 0,2 m, coletadas de outubro de 2012 a abril de 2013 (OLIVETTI et al., 2015). A cena escolhida para determinação do uso do solo foi do satélite CBERS-4, na órbita 159 e ponto 123 obtidas em julho de 2018 e foram classificados os usos do solo: café, cana-de-açúcar, mata nativa, milho, solo exposto e várzeas. Para cada uso do solo foram coletadas oito amostras em cada unidade de mapeamento, exceto para os Neossolos Flúvicos e Gleissolos, denominados genericamente de solos indiscriminados de várzea (SIV). As pequenas áreas ocupadas pelos mesmos são propensas a deposição de sedimentos, adequadas ao Código Florestal Brasileiro como Área de Preservação Permanente (BRASIL, 2012). As amostras foram analisadas no Laboratório de Física do Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal de Lavras. A partir dos resultados de Olivetti et al. (2015) foram definidos fatores limitantes das propriedades intrínsecas do solo, como baixa fertilidade natural, baixa capacidade de troca catiônica efetiva e potencial e baixo teor de matéria orgânica.

A elaboração do mapa de capacidade de uso das terras consiste em organizar os dados relativos às propriedades do solo e do relevo conforme modelo proposto por Lepsch

et al. (2015). Assim, foram obtidos dados de profundidade dos perfis de solo (BRASIL, 1962), da textura e permeabilidade do solo, da declividade, das taxas de erosão e dos fatores limitantes específicos para o uso agrícola (SILVA et al., 2013).

O mapa de classes de capacidade de uso, desta maneira, possibilitou avaliar e sugerir medidas para melhorar a produtividade agrícola local, com vistas a aumentar a sustentabilidade socioeconômica e ambiental de propriedades rurais, que pode contribuir com a formulação de políticas locais de promoção da soberania e segurança alimentar e nutricional.

As variáveis respostas – atributos físicos e químicos do solo (Tabela 1) – foram submetidas a teste de normalidade de Kolmogorov-Smirnov. A totalidade apresentou distribuição gaussiana. Assim, optou-se pelas suas descrições a partir das médias e intervalos de confiança a 95% (FERREIRA, 2009).

As inferências sobre impactos de uso do solo e de relevo sobre os atributos químicos do solo foram feitas por análise de regressão. Como primeira opção, foram criados modelos lineares pressupondo a distribuição gaussiana de probabilidade. Estes modelos foram avaliados quanto à violação de pressupostos a partir do teste de Kolmogorov-Smirnov para aferição da normalidade dos resíduos, teste de Breusch-Pagan para verificação de homocedasticidade e cálculo do fator de inflação de variância (VIF) para caracterização de grau de multicolinearidade (FERREIRA, 2009; PAULA, 2013).

Quando o modelo gaussiano teve um de seus pressupostos violados, foram elaborados modelos lineares generalizados a partir da distribuição normal inversa e gama. Nestes casos, os modelos que apresentaram menor critério de informação de Akaike foram os de distribuição gama, sendo a opção utilizada para a modelagem quando ocorreram violações de pressupostos nos modelos gaussianos. A função de ligação identidade foi aplicada em todos os modelos com o intuito de simplificar a comparação entre os coeficientes de regressão (PAULA, 2013).

Para todas as inferências foi adotado como nível de significância uma probabilidade máxima de erro de 5% ($p < 0,005$). O banco de dados, seu processamento e análises foram realizados com apoio do pacote estatístico R (R CORE TEAM, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As características químicas e físicas do solo auxiliaram a elaboração de planos de manejo conservacionistas do solo e da água, sem efeitos deletérios em seus atributos. A

Tabela 1 ilustra a descrição do conjunto completo de amostras. Os dados demonstram o caráter distrófico dos solos da sub-bacia do Ribeirão Caçús. Os valores médios do índice de saturação por bases (V%) para cada unidade de solo LVd1, LVd2, LVd3 e SIV foram respectivamente, 42,39%, 37,87%, 20,42% e 20,42%, confirmando a baixa fertilidade natural dos solos tropicais estudados.

Tabela 1 – Descrição de variáveis de atributos químicos do solo

Variável	Valor médio*	IC 95% ¹	Desvio Padrão
Somo de Bases Trocáveis (SB)	2,14	1,58-2,70	1,51
Capacidade de Troca Catiônica Efetiva (t)	2,70	2,21-3,19	1,31
Capacidade de Troca Catiônica Potencial (T)	8,61	7,51-9,70	2,94
Saturação por Bases (V%)	25,28	19,03-31,53	16,74
Saturação por alumínio (m)	27,22	18,41-36,03	23,60
Matéria Orgânica (MO)	2,79	2,42-3,16	1,00

Legenda: IC 95%¹: Intervalo de confiança da média pressupondo distribuição normal de probabilidade.

Fonte: *Olivetti et al. (2015).

Os valores de V% caracterizam os números de cargas negativas dos colóides do solo que está ocupado pelos cátions básicos trocáveis. O V% é indicativo das condições gerais de fertilidade e influência direta dos valores da capacidade de troca catiônica (RONQUIM, 2010). Para solos com valores de SB e V% baixos é necessário a realização de operações de calagem e fertilização química e/ou orgânica dos solos, para elevar a sua qualidade nutricional (RONQUIM, 2010).

Em termos gerais, os solos apresentaram baixos valores de t e T, ou seja, possuem pequenas quantidades disponíveis de cátions trocáveis. Dessa forma, segundo Ronquim (2010), não é indicado que as calagens e fertilizações sejam feitas de uma vez, mas de forma parcelada. Outra forma de aumentar t e T seria pela adição de matéria orgânica no solo que aumentaria a capacidade de troca catiônica. Esse procedimento evitaria perdas de nutrientes por lixiviação e aumentaria a eficiência da adubação e da fertilização.

Os valores médios de saturação por alumínio (m) para as unidades LVd1, LVd2, LVd3 e SIV foram respectivamente 10,72%, 9,40%, 8,79% e 29,09%. Valores acima de 20% indicam elevados valores de m para culturas agrícolas. Portanto, estas áreas devem ser destinadas à recuperação e consolidação das matas nativas. Os elevados teores de m para os SIV indicam que os solos na sub-bacia do Ribeirão Caçús estão submetidos a forte processo de lixiviação.

Conforme Maluf et al. (2015), o cenário agrícola brasileiro possui um enorme potencial para adoção de abordagens direcionadas a uma agricultura conservacionista, para garantir a conservação do solo e a soberania e segurança alimentar e nutricional. Ainda segundo os autores, é possível organizar planos de ação para alcançar uma agricultura conservacionista e fortalecer as redes de produção, provisão e consumo de alimentos, adotando medidas que visem a conservação, recuperação e valorização da agrobiodiversidade e promover a alteração da matriz de produção convencional para sistemas sustentáveis e diversificados de produção de alimentos. Isto implica em adotar práticas de manejos como o plantio direto e adubação verde, diminuindo os riscos de contaminação da população pelos agroquímicos tóxicos (LONDRES, 2011).

O panorama geral de degradação dos solos da sub-bacia do Ribeirão Caçús indica a viabilidade de adotar os conceitos utilizados por Parron et al. (2015) sobre os sistemas agroflorestais como alternativa ao modelo tradicional de produção agrícola, caracterizado pelo manejo convencional e a monocultura. A adoção de sistemas agroflorestais permite conciliar a preservação dos serviços ecossistêmicos, como a conservação do solo, da água e das matas nativas, promovendo o desenvolvimento econômico local e regional e a produção sustentável de alimentos, em acordo com a proposta de Maluf et al. (2015).

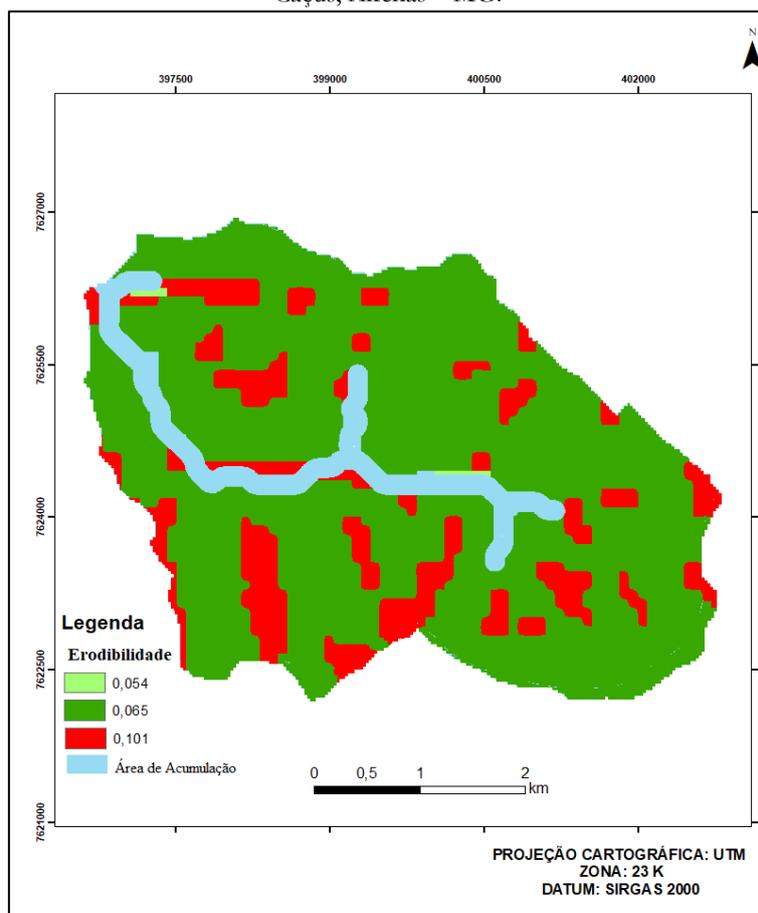
Dados produzidos pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2013) sugerem um limiar mínimo de mata nativa para sub-bacias hidrográficas de forma a não comprometer a prestação de serviços ambientais. Segundo estas instituições, para garantir a prestação dos serviços ecossistêmicos é necessária uma quantidade mínima de 25% de mata nativa na sub-bacia com tamanho e forma regulares e pré-estabelecidos, que devem possuir continuidade física.

O mapeamento da cobertura do solo realizado por Olivetti et al. (2015) para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2011 foram respectivamente: 13,8%, 11,4%, 11% e 11% de mata nativa. Portanto, muito aquém do limiar definido pela Fundação SOS Mata Atlântica e INPE (2013). Ou seja, os serviços ambientais e ecossistêmicos estão seriamente comprometidos e acentuam os processos de degradação, como lixiviação, erosão, perda de fertilidade e assoreamento dos corpos d'água, dificultando as práticas agrícolas de produção de alimentos que poderiam comprometer, localmente, a soberania e segurança alimentar e nutricional, como apontam Servidoni et al. (2016).

A erodibilidade dos solos da sub-bacia que varia de 0,054 a 0,101 Mg h Mj⁻¹mm⁻¹, sendo que, quanto mais próximo de 1,0, maior a susceptibilidade natural do solo à erosão, dessa forma, os mesmos são pouco vulneráveis. A Figura 3 ilustra as áreas mais vulneráveis

e permite a elaboração de planos de conservação. O uso indicado para áreas com erodibilidade elevada são as culturas permanentes associadas às plantas de cobertura. Também é possível estabelecer sistemas agroflorestais para abastecimento dos mercados locais e regionais, fortalecendo as redes de produção e distribuição de alimentos, madeira e fibras para a comunidade.

Figura 3 – Mapa da Erodibilidade em $\text{Mg h Mj}^{-1} \text{mm}^{-1}$ dos solos da sub-bacia Hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG.



Os dados químicos e físicos do solo e do relevo permitiram identificar fatores limitantes gerais e específicos (Tabela 2). Tais fatores foram inseridos no modelo de capacidade de uso das terras de Lepsch et al. (2015) cujos resultados apontam para três classes de capacidade de uso, as classes IV, VI e VIII, ocupando respectivamente 34%, 58% e 8% de área da sub-bacia hidrográfica.

Tabela 2 – Fatores limitantes gerais e específicos dos solos da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG

Solos	Fatores Limitantes					
	Geral					Específicos
	PE	Tex	Perm	Rel	EH	
LVd1	MP	Arg	Rap/Mod	Pl	MB	S5; S7; E2
LVd2	MP	Arg	Mod/Mod	SO	B	S5; S7; E2; E1
LVd3	P	Arg	Mod/Len	On	Mod	S5; S6; S7; E1; E9
SIV	R	M Arg	Len/Len	Pl	-	E8; E9; S5; A1

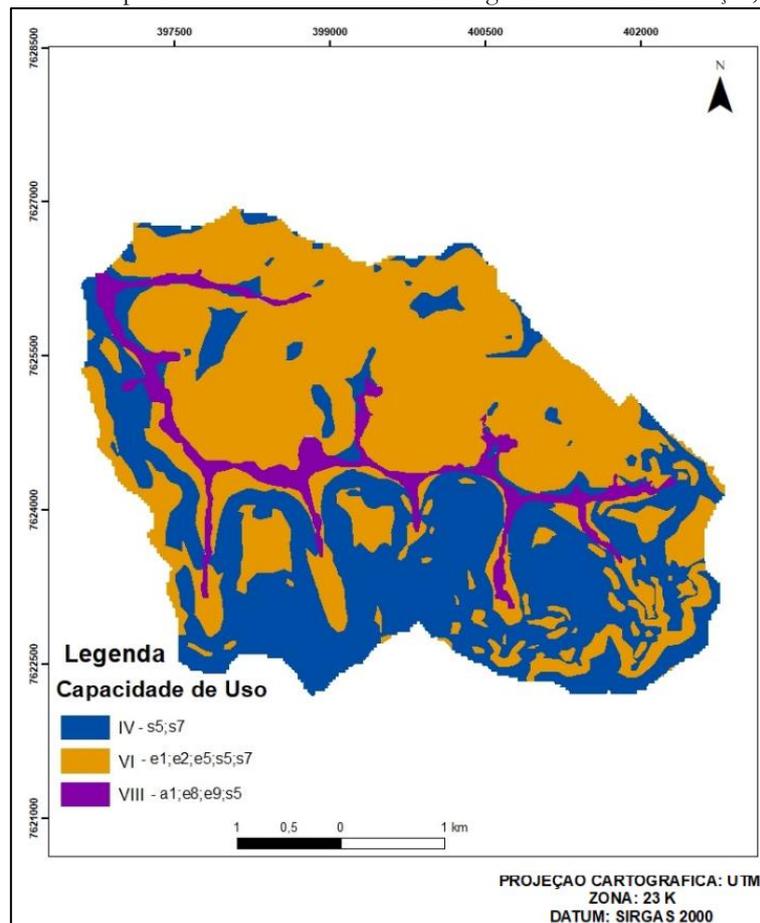
Legenda: LVd1: Latossolo Vermelho Distrófico em relevo plano; LVd2: Latossolo Vermelho Distrófico em relevo suave ondulado; LVd3: Latossolo Vermelho Distrófico em relevo ondulado; SIV: Solos Indiscriminados de Várzea; PE: Profundidade Efetiva; Tex: Textura; Perm: Permeabilidade; Rel: Relevo; EH: Erosão Hídrica; MP: Muito Profundo; P: Profundo; R: Raso; Arg: Argiloso; M Arg: Muito Argiloso; Rap: Rápida; Mod: Moderada; Len: Lenta; Pl: Plano; SO: Suave Ondulado; On: Ondulado; MB: Muito Baixo; B: Baixo; A1: Lençol Freático Elevado; E1: Declive Acentuado; E2: Declive Longo; E8: Deposição Sedimentar; E9: Baixa Permeabilidade; S5: Baixa Saturação de Bases; S6: Toxicidade de Alumínio; S7: Baixa Capacidade de Troca Catiônica;

Os fatores limitantes específicos para o LVd1 referentes às propriedades do solo foram os baixos valores de capacidade de troca catiônica e de saturação por bases, que classifica o solo como pouco fértil, que necessita de correção e fertilização para aumentar a capacidade produtiva (Tabela 2). O fator limitante específico referente aos processos erosivos foram os declives acentuados. Os fatores limitantes específicos para o LVd2 relativos às propriedades do solo foram: os baixos valores de V% e de T, confirmando a baixa fertilidade natural dos solos. Os fatores limitantes específicos relacionados à erosão foram os declives longos e acentuados. Os fatores limitantes específicos das propriedades do solo para o LVd3 foram as baixas saturações de bases e capacidade de troca catiônica e elevada saturação por alumínio. Os fatores limitantes específicos relativos à erosão foram a declividade acentuada e a baixa permeabilidade, que favorecem as perdas de solo por erosão hídrica (SILVA et al., 2009).

Os fatores específicos para SIV foram a elevada deposição sedimentar, a baixa permeabilidade e a elevação do nível freático em períodos chuvosos.

Os solos da classe IV (Figura 4) podem ser utilizados para culturas temporárias, permanentes, pastagens plantadas e nativas, florestas plantadas e nativas manejadas, reflorestamentos de áreas degradadas e áreas de preservação da biodiversidade, recarga de aquíferos, nascentes, interesses arqueológicos, histórico e beleza cênica.

Figura 4 – Classes de capacidade de uso da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG



Legenda: Fatores limitantes específicos: s5: Baixa Saturação de Bases; s7: Baixa Capacidade de Troca Catiônica; e1: Declive Acentuado; e2: Declive Longo; e5: Erosão em Sulcos; e8: Deposição Sedimentar; e9: Baixa Permeabilidade

A classe VI é imprópria para cultivos intensivos, mas ainda indicada para o uso com pastagens plantadas e nativas, florestas plantadas e nativas manejadas, reflorestamentos de áreas degradadas e áreas destinadas à preservação da biodiversidade, recarga de água, nascentes, interesse arqueológico, histórico e beleza estética.

Os solos da classe VIII são adaptados para pastagens e ou reflorestamento, com problemas complexos de conservação. A classe VIII contempla a várzea, uma área sensível às alterações antrópicas e de grande importância para a manutenção da qualidade e disponibilidade de água, além de ser protegida por lei (BRASIL, 2012).

A Tabela 3 ilustra as áreas, em hectares e porcentagens, para os usos do solo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús e especializados na Figura 5.

Tabela 3 – Uso do solo na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús em hectares (ha) e porcentagens (%) para o ano de 2018, Alfenas – MG

Uso do solo	2018	
	ha	%
Café	204,11	10
Cana-de-açúcar	56,46	3
Floresta Nativa	427,99	21
Milho	132,36	6
Solo Exposto	138,10	6
Várzea	171,50	9
Pastagem	939,43	45
Total	2069,95	100%

Fonte: CBERS 4 (2018). Org.: SERVIDONI et al. (2019).

Em relação ao ano de 2011 (OLIVETTI et al., 2015), houve um aumento total de 10% nas áreas com mata nativa. Essa diferença se deve provavelmente à restauração da mata ciliar, delimitação e reflorestamento da reserva legal e áreas de preservação permanentes das propriedades rurais. Todavia, o mapeamento do uso do solo para o ano de 2018 foi executado a partir de imagem de satélite CBERS 4, com resolução espacial muito superior às imagens do satélite Landsat 5 – TM utilizadas por Olivetti et al. (2015). A resolução espacial distinta pode ter sido responsável pelos valores discrepantes de mata nativa. Entretanto, o mapa do uso do solo de 2018 foi verificado em campo e obteve um acerto global de 95% (Figura 5).

A partir da sobreposição dos mapas do uso do solo de 2018 (Figura 5) com o das classes de capacidade de uso da terra (Figura 4) foi obtido o mapa de adequação do uso das terras (Figura 6). Neste, é possível identificar as áreas onde o uso do solo está acima da capacidade de uso natural, ou seja, exposto a processos de degradação do solo e da água, como as taxas elevadas de erosão hídrica, lixiviação de nutrientes e matéria orgânica e assoreamentos de corpos de água, comprometendo o equilíbrio hidrológico e podendo afetar a capacidade de produção de energia elétrica da Usina Hidrelétrica de Furnas.

Figura 5 – Mapa de uso e ocupação do solo da sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG.

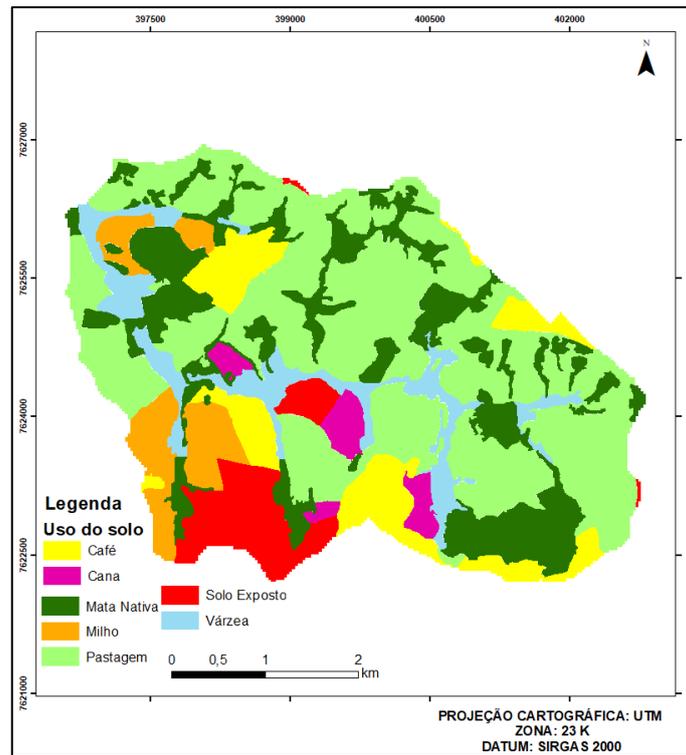
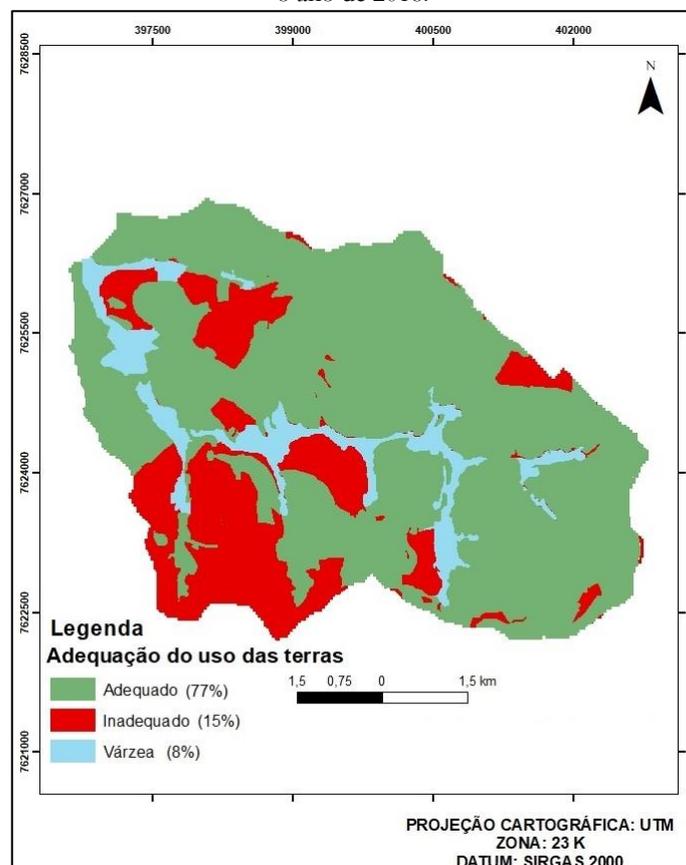


Figura 6 - Adequação do uso das terras para a sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús, Alfenas – MG para o ano de 2018.



A Figura 6 ilustra áreas inadequadas em locais próximos às várzeas, favorecendo processos de deposição sedimentar na várzea e no leito fluvial, que podem causar o assoreamento do corpo de água. Também há áreas inadequadas em regiões de topo de morros, responsáveis por reabastecer as águas subterrâneas, que, devido ao uso indiscriminado de agroquímicos, podem contaminar o lençol freático, visto que são áreas de recarga de áreas subterrâneas (GUERRA; CUNHA, 2006).

A partir dos dados obtidos foi possível sugerir um plano de ocupação conservacionista do solo e de recuperação das áreas inadequadas. Para tanto, é necessário adequar o uso das terras com sua respectiva classe de capacidade de uso e adotar técnicas de manejo conservacionistas adequadas para cada caso, podendo ser de caráter edáfico, mecânico ou vegetativo, de acordo com a cultura agrícola em questão e as características biofisiográficas da área (LEPSCH et al., 2015).

Para aumentar a produtividade agrícola é necessário adotar técnicas de plantio direto, com resíduos orgânicos, como palhas e folhas. Dessa forma, é aumentada a quantidade de matéria orgânica disponível na camada superficial do solo, protegendo-o da erosão hídrica e contribuindo para o aumento da fertilidade. Em áreas de declive acentuado, como o LVd3, é sugerido que seja feito o plantio em curvas de nível, inibindo a ação gravitacional das chuvas e reduzindo as perdas de solo pela erosão hídrica, principal problema para conservação dos solos em regiões tropicais (AYER et al., 2015).

Estudos desenvolvidos por Olivetti et al. (2015), Ayer et al. (2015), Mendes Jr. et al. (2018) e Tavares et al. (2019) demonstraram que os Latossolos Vermelhos distróficos de Alfenas – MG sofrem severas perdas pela erosão hídrica. De acordo com Ayer et al. (2015), em sistemas de manejo convencional para a sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca, adjacente a sub-bacia do Ribeirão Caçús, os plantios de eucalipto e de pastagem foram responsáveis, respectivamente, por 51,30% e 21,80% das perdas totais de solo, com base nos cálculos realizados pela Equação Universal de Perdas de Solo Revisada, do inglês Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) de Renard et al. (1997). Paralelamente, Ayer et al. (2015) em uma simulação das perdas de solo em sistemas de manejo conservacionistas ilustram uma redução significativa nas perdas de solo. Neste caso, as perdas de solo seriam reduzidas para 8,50% e 0,20% para os cultivos de pastagem e de eucalipto, respectivamente.

Adotar técnicas de manejo conservacionistas como o plantio direto, sistemas agroflorestais, rotação de culturas e plantio em curvas de nível e pastagens em sistema de rotação sem superlotação permitem reduzir os processos de degradação e melhorar a

qualidade dos Latossolos do Sul de Minas Gerais. Com solos saudáveis do ponto de vista da fertilidade é possível uma produtividade agrícola que alcance não apenas uma maior produção e rentabilidade para o pequeno e médio agricultor, mas também favoreça políticas de segurança e soberania alimentar regionais.

Os resultados analíticos das amostras de solo demonstram que o uso e ocupação das terras e os manejos adotados (Figuras 5 e 6) influenciam significativamente o comportamento dos atributos químicos do solo com exceção da T e da m (Tabela 4). Assim, as atividades agrícolas na sub-bacia contribuem para a redução da fertilidade do solo. Em longo prazo, o uso excessivo do solo para atividades agrícolas, sem as devidas práticas conservacionistas e corretivas, comprometerá a sua capacidade produtiva. Em contrapartida, o relevo não apresentou influência significativa nos atributos químicos do solo, possivelmente devido à baixa rugosidade do terreno, com exceção da T.

Tabela 4 – Modelos de regressão explicativos de atributos químicos do solo. Alfenas - MG

Variáveis		Intercepto	Relevo	Uso do Solo
SB	b ¹	3,44	0,12	-1,65
	p ²	<0,0001	0,502	0,0138
t	b ³	4,1	-0,22	-1,57
	p ²	<0,0001	0,2409	0,0007
T	b ³	11,21	-1,08	1,31
	p ²	<0,0001	0,025	0,22
V	b ¹	38,04	-0,09	-18,93
	p ²	<0,0001	0,9653	0,0103
m	b ³	20,77	-3,01	16,9
	p ²	0,0329	0,4413	0,0668
OM	b ³	3,78	-0,31	-0,76
	p ²	<0,0001	0,0506	0,0351

Legenda: b¹: Coeficiente de regressão pressupondo distribuição gama; p²: Teste t de Student; b³: Coeficiente de regressão linear pressupondo distribuição gaussiana. Fonte: Olivetti et al. (2015).

O sequestro de carbono pelo solo, segundo Lal (2004), é uma estratégia para promover o enriquecimento de sua biomassa e aumento de sua produtividade. Essa estratégia pode contribuir para aumentar a produtividade dos solos em um período de 20 a 50 anos. Para promover o sequestro de carbono pelo solo é fundamental o estabelecimento de culturas agrícolas em consórcio com mata nativa em sistemas agroflorestais ou a adoção de práticas de plantio direto. Essas técnicas de manejo são milenares. Todavia, com o avanço do conhecimento sobre a agroecologia, tais técnicas foram sistematizadas. Porém, elas se sobrepõem aos preceitos da agricultura familiar: a promoção da agricultura familiar

deve ser a principal estratégia para conciliar a produção de alimentos e conservação dos recursos naturais.

Na agricultura familiar são utilizadas técnicas convencionais de manejo do solo, desta forma é necessário melhorar as técnicas de manejo para conciliar a produção de alimentos, o desenvolvimento econômico da agricultura familiar e a conservação dos recursos naturais. Assim, é possível planejar a produção de alimentos para a população, a conservação dos solos e das águas, subsídios para elaboração de planos de manejos conservacionistas para uso do solo e água e visando à soberania alimentar na área piloto e regionalmente, com a aplicação de tais propostas em áreas maiores.

Os resultados obtidos são compatíveis com a proposta de promoção da segurança alimentar e nutricional local e regional. Azevedo e Ribas (2016) sugerem aos pesquisadores direcionar seus estudos na elaboração de novas metodologias de abordagem multidisciplinar para construção de instrumentos de coleta de informação e de indicadores de avaliação mais abrangentes e sistêmicos. Todavia, o que se observa na literatura é que o caráter geográfico de variáveis que influenciam diretamente na segurança alimentar e nutricional é muitas vezes ignorado. Entretanto, tais autores reconhecem as limitações das pesquisas em avaliar a segurança alimentar e nutricional e incentivam a incorporação da multidisciplinaridade no âmbito do debate sobre a Política Nacional de Segurança Alimentar e Nutricional (AZEVEDO; RIBAS, 2016).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fragmentação da paisagem diminui a prestação de serviços ambientais e ecossistêmicos, que reduz a capacidade produtiva dos solos, devido aos impactos de regulação e conservação hidrológica e da falta dos serviços de polinização bióticos e abióticos.

Os atributos químicos e físicos do solo junto às características fisiográficas locais permitiram classificar a capacidade de uso das terras nas classes IV, VI e VIII, que ocupam, respectivamente, 34%, 58% e 8% da sub-bacia.

A análise de adequação do uso das terras indicou que 77% da sub-bacia está de acordo com sua respectiva classe de capacidade de uso, 15% com uso incompatível com a respectiva classe. Já as áreas de várzea correspondem a 8% e devem ser destinadas para preservação do meio ambiente.

A adoção de técnicas de manejo conservacionistas promove o aumento da produtividade agrícola, na regulação do clima e no controle da erosão hídrica, propiciando melhoria da qualidade ambiental do solo e da água.

Os estudos na sub-bacia hidrográfica do Ribeirão Caçús apontaram grande potencial de utilização agrícola, com as devidas precauções de conservação do solo e da água.

Justificam também esforços e investimentos da sociedade para oferecer suporte técnico e financeiro para a agricultura familiar, de forma a não comprometer o desenvolvimento socioeconômico e ambiental da pequena e média propriedade.

Os resultados sugerem a incorporação dos aspectos ambientais e sociais na elaboração de políticas públicas para promoção da soberania e segurança alimentar e nutricional em escala local e regional.

A adoção de uma área piloto, no caso a sub-bacia do Ribeirão Caçús, para avaliar a viabilidade da utilização do sistema de capacidade de uso das terras para promoção da segurança alimentar e nutricional foi eficiente. Assim, é recomendado que seja aplicada em grandes extensões de terras agrícolas.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código Financeiro 001. Os autores agradecem à CAPES e à FAPEMIG pelas bolsas de estudos e a Universidade Federal de Lavras pelo apoio técnico e operacional para tratamento das amostras de solo.

REFERÊNCIAS

AYER, J. E. B. [et al.]. Erosão Hídrica em Latossolos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 190-191, 2015.

AZEVEDO, E.; RIBAS, M. T. G. O. Estamos seguros? Reflexões sobre indicadores de avaliação da segurança alimentar e nutricional. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 241-251, 2016.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos da região sob influência do reservatório de Furnas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, 1962. 478 p. (Boletim Técnico nº 13; Serviço Nacional de Conservação dos Solos).

BRASIL. Código Florestal Brasileiro. Lei N° 12.651, de 25 de maio de 2012. Brasília: **Diário Oficial da União**, 2012.

EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2009.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA, INPE. **Atlas dos Municípios da Mata Atlântica** – período 2011-2012, Anexo 1. São Paulo: INPE, 2013. 100 p. Disponível em: <<http://mapas.sosma.org.br/>>. Acesso em: 14 fev. 2013.

GUERRA, A. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia do Brasil**: conceitos, técnicas e aplicações. 4. ed. Rio de Janeiro: Bertrand, 2006.

HASUY, Y. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste Brasileiro e a estruturação regional. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 29, n. 2, p. 141-169, 2010.

LAL, R. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. **Science**, Washington, v. 304, n. 393, p. 1623-1627, 2004.

LEPSCH, I. F. [et al.]. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2015.

LONDRES, F. **Agrotóxicos no Brasil**: um guia para ação em defesa da vida. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, 2011.

MACFADYEN, S. [et al.]. Managing ecosystem services and biodiversity conservation in agricultural landscapes: are the solutions the same?. **Journal of Applied Ecology**, Londres, v. 49, n. 3, p. 690-694, 2012.

MALUF, R. S. [et al.]. Nutrition-sensitive agriculture and the promotion of food and nutrition sovereignty and security in Brazil. **Revista Ciência & Saúde Coletiva**, Rio de Janeiro, v. 20, n. 8, p. 2303-2312, 2015.

MCBRATNEY, A. B.; SANTOS, M. L. M.; MINASNY, B. On digital soil mapping. **Geoderma**, Amsterdã, v. 117, n. 3, p. 3-52, 2003.

MENDES JR., H. [et al.]. Water Erosion in Oxisols Under Coffe Cultivation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, n. 1, p. 01-14, 2018. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/18069657rbc20170093>>. Acesso em: 28 ago. 2019.

NICOLAU, R. C. P. [et al.]. Implicações ambientais do novo código florestal brasileiro. **Revista Brasileira de Ciências Ambientais**, Rio de Janeiro, v. 48, n. 1, p. 38-51, 2018.

OLIVETTI, D. [et al.]. Spatial and Temporal Modeling of Water Erosion in Dystrophic red latosol (oxisol) used for farming and cattle raising activities in a sub-basin in the South of Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 1, p. 58-67, 2015.

PARRON, L. M. [et al.]. **Serviços Ambientais em Sistemas Agrícolas e Florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Embrapa Florestas, 2015.

PAULA, G. A. **Modelos de regressão com apoio computacional**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2013.

RENARD, K. G.; FOSTER, G. R.; WEESIES, G. A.; MCCOOL, D. K.; YODER, D. C. **Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)**. Washington: United States Department of Agriculture, 1997. v. 703. 384 p.

R CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena, Áustria, 2019. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 21 mar. 2019.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade do solo e manejo adequado para as regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

SERVIDONI, L. E. [et al.]. Land use capacity and environment services. **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife, v. 9, n. 6, p. 1712-1724, 2016.

SILVA, M. A. [et al.]. Sistemas de Informação Geográficas no Planejamento de Uso do Solo. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 3, p. 316-323, 2013.

SILVA, M. S. **Indicadores de sustentabilidade para gestão do manancial de abastecimento público de Oliveira, MG**. 2016. 191 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Departamento de Ciência Florestal, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

SILVA, M. S. [et al.]. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1811-1820, 2009.

SPAROVEK, G.; VAN LIER, Q. J.; DOURADO, D. N. Computer assisted Koppen climate classification: case study for Brazil. **International Journal of Climatology**, Londres, v. 27, n. 1, p. 257-266, 2007.

TAVARES, A. S. [et al.]. Modeling of water erosion by the erosion potential method in a pilot subbasin in Southern Minas Gerais. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 40, n. 2, p. 555-572, 2019.