

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALFENAS**

**LUCAS EMANUEL SERVIDONI**

**CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS E SERVIÇOS  
AMBIENTAIS**

Alfenas/MG  
2016

**LUCAS EMANUEL SERVIDONI**

**CAPACIDADE DE USO DAS TERRAS E SERVIÇOS  
AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas – MG. Área de concentração: tecnologia ambiental.

Orientador: Ronaldo Luiz Mincato

Coorientador: Marx Leandro Naves Silva

Alfenas/MG

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP) Biblioteca Central da Universidade Federal de Alfenas

Servidoni, Lucas Emanuel.

Capacidade de uso das terras e serviços ambientais / Lucas Emanuel Servidoni. – Alfenas - MG, 2016.

40f.

Orientador: Ronaldo Luiz Mincato.

Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de Alfenas, 2016.

Bibliografia.

1. Agricultura Sustentável. 2. Geoprocessamento. 3. Solos – Manejo. I. Mincato, Ronaldo Luiz. II. Título.

CDD-631.47



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
Universidade Federal de Alfenas / UNIFAL-MG  
Programa de Pós-graduação – Ciências Ambientais  
Rua Gabriel Monteiro da Silva, 714. Alfenas - MG CEP 37130-000  
Fone: (35) 3299-1449 (Coordenação) / (35) 3299-1392 (Secretaria)  
<http://www.unifal-mg.edu.br/ppgca/>



LUCAS EMANUEL SERVIDONI

**“Capacidade de uso das terras e serviços ambientais”**

A Banca julgadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação apresentada como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais pela Universidade Federal de Alfenas. Área de Concentração: Ciências Ambientais.

Aprovado em: 11 de novembro de 2016.

Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Prof. Dr. Walbert Junior Reis dos Santos

Instituição: IFSULDEMINAS

Assinatura: 

Prof. Dr. Breno Régis Santos

Instituição: UNIFAL - MG

Assinatura: 

Dedico este trabalho a todos os meus amigos e familiares, em especial à memória de minha mãe, que mesmo em um momento de tristeza e dor me orientou da melhor forma possível e me mostrou que as adversidades que encontramos apontam a trilha de volta a luz

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Alfenas, pela oportunidade oferecida.

Ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais.

À Universidade Federal de Lavras, pelo apoio técnico e operacional

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela bolsa de estudos.

Ao Prof. Dr. Ronaldo Luiz Mincato, orientador e amigo, pela dedicação, conhecimentos transmitidos, confiança depositada para realização deste trabalho e especialmente por acreditar em seus alunos.

Ao Prof. Dr. Marx Leandro Naves Silva, coorientador, pela dedicação e conhecimentos transmitidos.

Ao meu colega de trabalho e amigo Joaquim Ernesto Bernardes Ayer, por todo apoio técnico e operacional e pela disponibilidade de informações cruciais para a conclusão deste trabalho.

Aos membros da banca avaliadora, pelos conhecimentos transmitidos e contribuições para o desenvolvimento científico do país.

A todos os amigos e funcionários do Instituto de Ciências da Natureza da Universidade Federal de Alfenas, pelo apoio técnico e operacional e pelo cotidiano de trabalho.

Aos meus pais, pela boa educação, apoio e toda estrutura que me deram para poder realizar este sonho, com certeza essa conquista só foi possível pois existiu o apoio de vocês.

Ao meu irmão Eduardo José, por ser a pessoa que é, uma fonte de inspiração a todos que o cercam.

Aos meus amigos, Guilherme Carvalho e Pedro Henrique, todo apoio que me deram em momentos difíceis será lembrando.

À República Coqueiro, por me acolher e fazer parte da minha formação como pessoa, dedico este trabalho a todos os amigos que conheci neste lar, com certeza existe um pouco de cada um de vocês aqui.

Aos bibliotecários da UNIFAL-MG, pelo suporte durante a elaboração dessa dissertação.

## RESUMO

A crescente demanda por alimentos devido ao crescimento demográfico tem exigido uma agropecuária mais produtiva. Novas áreas são destinadas à produção agropecuária de forma arbitrária, sem respeitar a capacidade de uso das terras. Neste contexto, o sistema de capacidade de uso das terras propõe a classificação do uso máximo permitido para terras de uma propriedade rural ou sub-bacia hidrográfica, buscando elaborar planos de uso e manejo sustentáveis de seus recursos naturais. Em relação ao uso atual das terras, o sistema indica os locais em que existe um conflito de uso em relação a sua capacidade de uso. Assim, é possível propor medidas para adequar o uso das terras com sua capacidade de uso. Nesta pesquisa, foram avaliadas as classes de capacidade de uso das terras da sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca, Alfenas, Minas Gerais. Para tanto, foram avaliados os seguintes parâmetros do solo: profundidade efetiva, permeabilidade à água, textura, declividade, classe de erosão, saturação por bases, capacidade de troca catiônica efetiva e potencial, e saturação por alumínio. Ensaio analítico do solo apresentaram valores de saturação por bases e de capacidade de troca catiônica efetiva e potencial baixos, que ilustram a baixa fertilidade natural desses solos em conjunto com índices de saturação por alumínio, prejudiciais à maioria das culturas. A utilização do solo ficaria restrita a culturas permanentes de baixo impacto sobre o meio ambiente, silvicultura, sistema agrosilvipastoris aliados a técnicas de manejo

Palavras-chave: Agroecologia. Geoprocessamento. Manejo Conservacionista.

## **ABSTRACT**

The increasing demand for food resulting from demographic growth has required more productive agropastoral practices. Consequently, new areas were selected for agropastoral production in an arbitrary way, disregarding land use capacity. This ends up in acceleration of degradation processes, mainly those related to water erosion. In this context, the system of land use capacity proposes the classification of maximum use allowed for land of a rural property or of a hydrographic sub-basin, in an attempt to make sustainable plans of use and management of natural resources. Concerning current use of land, the system indicates the sites where there are conflicts in use in relation to their use capacity. Thus, it is possible to propose measures to adapt land use to its use capacity. Therefore, in this study, the classes of land use capacity at the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, in Alfenas, in the state of Minas Gerais, were evaluated. For that purpose, the following soil parameters were evaluated: effective depth, water permeability, texture, declivity, erosion class, base saturation, effective and potential cationic exchange capacity, and aluminum saturation. Soil analyses presented values of base saturation and of low capacity of effective and potential cationic exchange, which illustrate the low natural fertility of these soils, as well as aluminum saturation level harmful to most cultures. Thus, land use would be restricted to low impact, permanent crops, silvicultures, associated agrosilvipastoral system with conservationist management techniques, as, for example, direct seeding, soil correction and fertilization, and reforestation of permanent preservation areas

**Key-words:** Agroecology. Geoprocessing. Conservacionist Management.



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	<b>13</b>
2.1	Solo e Agricultura .....	13
2.2	Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicados .....	14
2.3	Capacidade de uso das terras .....	15
2.4	Serviços Ambientais .....	18
2.5	Agricultura conservacionista .....	19
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVAS</b> .....	<b>22</b>
<b>4</b>	<b>OJETIVO GERAL</b> .....	<b>23</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>24</b>
	<b>ANEXO A: ARTIGO SUBMETIDO A REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA</b> .....	<b>28</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos devido ao crescimento demográfico tem exigido uma maior produção da agropecuária. Assim, novas áreas são destinadas à produção agropecuária de forma arbitrária e sem respeitar a capacidade natural de uso das terras. Esta situação acelera os processos de degradação do solo, principalmente os relacionados à erosão hídrica acelerada (LEPSCH et al., 2015). Em estudos sobre perdas de solo por erosão hídrica, Ayer et al. (2015) avaliaram a susceptibilidade a perda de solo na sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca, Alfenas, MG, e constaram perdas de até 23,86 Mg ano<sup>-1</sup>, com média de 8,40 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com 34,80% da sub-bacia com perdas acima do limite de tolerância de perda de solo (TPS), que variaram de 8,94 a 9,99 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>.

O sistema de capacidade de uso propõe a classificação do uso máximo das terras de uma determinada área e é uma ferramenta importante para elaboração de planos de manejos conservacionistas para propriedades rurais e bacias hidrográficas. Em relação ao uso do solo atual, o sistema de capacidade de uso pode indicar os locais em que o uso está além da sua capacidade natural. Diante disso, é possível propor medidas para adequar as áreas com uso inadequado à respectiva capacidade de uso e, assim, reduzir os níveis de degradação (CUNHA; PINTON, 2012; GIBOSHI et al., 2006; LEPSCH et al., 2015).

O sistema de capacidade de uso indica a melhor utilização da terra do ponto de vista da conservação. Porém, é importante atentar às práticas de manejo adotadas na produção agropecuária. As práticas de manejo são fundamentais para o estabelecimento de uma agropecuária socioeconômica e ambientalmente sustentável. Pois, procedimentos simples como, por exemplo, a adoção de pastagem em sistemas de rotação em vez de lotação contínua pode contribuir para redução das taxas de erosão (AYER et al., 2015; OLIVETTI et al., 2015).

Dentre as alternativas de conservação do solo, a agroecologia é o processo de produção agropecuária orientado pelos aspectos ecológicos do ambiente. Portanto, a utilização dos conceitos e práticas agroecológicas permite utilizar alternativas de manejo na agropecuária com fertilizantes orgânicos, como matéria orgânica, lodo de esgoto tratado e/ou a incorporação de biomassa pelo plantio direto (COELHO et al., 2011; GLIESSMAN, 2001; KHATOUNIAN, 2001; MACFADYEN et al., 2012).

Para avaliação da capacidade de uso das terras, as geotecnologias permitem manipular uma grande quantidade de informações espaciais em conjunto, com maior rapidez e confiabilidade. As geotecnologias são um conjunto de ferramentas eficazes para a gestão e análise do território de ampla aplicação, podendo ser úteis em questões econômicas, sociais e ambientais. A partir do surgimento

de imagens de satélite foi possível monitorar as áreas rurais em diferentes períodos de tempo e com custo reduzido (LEPSCH et al., 2015; OLIVETTI et al., 2015).

A sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca está parcialmente inserida na área urbana do Município de Alfenas e sofre intensa urbanização desde os anos 80. Cumpre destacar que o crescimento da cidade afeta diretamente a qualidade dos solos e da água na sub-bacia. Atualmente, a construção de condomínios com acesso controlado, o loteamento de terras e a pavimentação das ruas exercem grande pressão nos recursos naturais nas áreas de preservação da fauna e flora (AYER et al., 2015).

O objetivo deste estudo foi avaliar a evolução da adequação e conflito do uso das terras na Sub-bacia Hidrográfica do Córrego Pedra Branca, Alfenas, sul de Minas Gerais, a partir de imagens de 1986, 1996 e 2006, do satélite Landsat-5 TM - "*ThematicMapper*", e de 2015 do satélite Landsat-8 OLI - "*Operational Land Imager*", com base no sistema de capacidade de uso de Lepsch et al. (2015) e propor planos de uso e manejo conservacionistas do solo e da água, visando aumentar a produção agropecuária sustentável.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A década de 1940 foi um marco para a atividade agrícola no Brasil. A partir desta década, houve grande expansão e intensificação das atividades agrícolas em praticamente todo o território nacional. Por um lado, as atividades agrícolas ficaram mais produtivas, por outro a retirada da cobertura vegetal natural e a degradação das terras aumentou consideravelmente (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2006). A seguir são discutidos a abordagem de temas referentes a agropecuária no Brasil e tecnologias direcionadas a suprir a demanda de produção de alimentos

### 2.1 Solo e Agricultura

Segundo EMBRAPA (2013), o solo é uma coleção de corpos naturais constituídos por partes sólidas, líquidas e gasosas, formada por materiais minerais originado de rochas e matéria orgânica. O solo é disposto na superfície do planeta em camadas e/ou horizontes, que se diferenciam do material original como resultado da ação conjunta de fatores climáticos, organismos e o relevo ao longo do tempo. O solo é um recurso natural não renovável na escala de tempo humana e por este motivo deve ter seu uso planejado de forma a não comprometer o recurso, os ecossistemas e nem as futuras gerações (Empresa de Pesquisa Agropecuária Brasileira - EMBRAPA, 2013).

No ano de 1883, Vasily Dokuchaev, apresentou as bases da pedologia, disciplina científica que estuda os solos em seu ambiente natural. Depois de Dokuchaev, houve um grande desdobramento deste campo do conhecimento científico e novas abordagens sobre solo e ambiente surgiram. Uma destas novas perspectivas é a de apropriação sustentável do recurso solo, levando em consideração suas propriedades e seu ambiente natural (ARAÚJO; ANJOS; PEREIRA, 2009).

Em regiões tropicais, a pressão sobre os solos é elevada devido as características climáticas que favorecem a erosão hídrica e por apresentarem baixa fertilidade natural. Solos destinados à agropecuária tendem a ter sua fertilidade reduzida ao longo de sucessivas utilizações quando não aplicadas práticas de manejo conservacionistas. Logo, é fundamental elaborar planos para a utilização sustentável do solo e da água, visando promover a sustentabilidade da produção agropecuária e combater a fome e a subnutrição no mundo (ARAÚJO; ANJOS; PEREIRA, 2009; EMBRAPA, 2013; RONQUIM, 2010;).

O uso da terra sem um planejamento adequado tem gerado consequências ambientais negativas e prejuízos para a agricultura em várias escalas de empreendimento (HOFIG; MOURA;

GIASSON, 2015). Para uma agropecuária sustentável é necessário compreender as condições físicas, químicas e biológicas do local onde será estabelecida. Com base das informações referentes aos atributos da paisagem, o planejamento da agropecuária deve ser realizado de forma a evitar o esgotamento dos solos. No caso do Brasil, um país tropical, e portanto, sujeito a intensa dinâmica pluvial o planejamento e manejo conservacionista na agropecuária se faz ainda mais necessário para evitar prejuízos ambientais e socioeconômicos (AYER, et al., 2015; CUNHA, 2012).

Os solos brasileiros são derivados de três estruturas geológicas: bacias sedimentares, escudos cristalinos e terrenos vulcânicos antigos. Sendo assim, suas características são impostas por estas características geológicas aliado ao principal agente de intemperismo em regiões tropicais, a chuva. A principal classe de solo brasileiro são os Latossolos, são os solos mais bem adaptados para as atividades agropecuárias mesmo possuindo baixa fertilidade natural. São profundos, bem desenvolvidos, geralmente bem drenados com textura média (EMBRAPA, 2013).

## **2.2 Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto Aplicados**

O Geoprocessamento é a tecnologia que consiste em criar, manipular e armazenar dados espacialmente referenciados. A partir de um conjunto de procedimentos computacionais, o geoprocessamento opera sobre uma base de dados georreferenciados, permitindo ao usuário realizar análises qualitativas e quantitativas. Por se tratar de uma tecnologia computacional, acelera e aumenta a qualidade e precisão dos mapeamentos temáticos. As aplicações do geoprocessamento são multidisciplinares, podendo ser útil em análises ambientais, socioeconômicas e saúde, separadamente ou em conjunto, dependendo do objetivo do usuário (OLIVETTI et al., 2015).

Sensoriamento Remoto são técnicas de coleta de informações a distância sobre a superfície terrestre. Sensores acoplados em aeronaves ou satélites captam a radiação eletromagnética refletida ou emitida pela superfície em diferentes comprimentos de ondas. O produto final é uma imagem que por técnicas de classificação e processamento digital destacam informações pré-selecionadas pelo pesquisador. Imagens contendo informações sobre o uso do solo e dados de altimetria são exemplos de produtos obtidos por meio de técnicas de sensoriamento remoto (OLIVETTI et al., 2015).

Em estudo sobre perdas de solo por erosão hídrica utilizando a Equação Universal de Perda de Solos Revisada, Ayer et al. (2015) por meio de técnicas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e geoestatística identificaram as áreas onde as perdas de solo estão acima do Limite de Tolerância de Perda de Solo. Os resultados apresentados foram satisfatórios no que tange a elaboração de planos de manejo para a redução dos processos erosivos.

A partir das geotecnologias, Olivetti et al. (2015) avaliaram a evolução temporal da erosão hídrica em Latossolos no sul de Minas Gerais e obtiveram mapas das perdas de solo por erosão hídrica e uso e ocupação para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2011. A pesquisa realizada por Olivetti et al. (2015) ilustra a possibilidade de acompanhar historicamente fenômenos espaciais utilizando imagens de sensoriamento remoto.

Utilizando geotecnologias na definição da capacidade de uso das terras em Botucatu, São Paulo, Mendonça, Lombardi Neto e Viégas (2006) identificaram as classes de capacidade de uso e cruzando essa informação com o uso atual da terra obtiveram as áreas onde o uso do solo estava inadequado. Este trabalho possibilitou sugerir medidas de intervenção nas áreas de uso inadequado das terras e reverter a situação, resgatando a capacidade de uso do solo.

### 2.3 Capacidade de uso das terras

O primeiro passo para alcançar uma agricultura sustentável é adequar as terras segundo a sua capacidade de uso. Segundo Lepsch et al. (2015), a adequação das terras consiste em “cultivar cada parcela de solo de acordo com sua capacidade de sustentação e produtividade econômica”. Tal adequação do uso das terras visa conciliar a utilização sustentável dos recursos naturais de forma a não prejudicar as gerações futuras.

Para adequar as terras a capacidade de uso é necessário avaliar em conjunto, além dos atributos físicos e químicos do solo, características do relevo, vegetação, tipos e grau de erosão e disponibilidade de água. Ou seja, para estabelecer o uso adequado da terra é necessário interpretar informações referentes ao próprio solo e do ambiente onde se localiza. Para isso, é preciso ter em mãos informações sobre o levantamento de solos e do meio físico do local que se deseja estudar (LEPSCH et al., 2015).

Esse sistema de classificação da capacidade de uso da terra surgiu nos Estados Unidos da América. Porém, o sistema foi adaptado às condições dos solos tropicais. O primeiro trabalho divulgado sobre esse sistema de classificação foi elaborado por Norton no ano de 1945 e era intitulado “*Classificação de terras como auxílio às operações de conservação do solo*”. Posteriormente, no ano de 1958 foi publicado o “*Manual brasileiro para levantamento conservacionista*”, editado pelo Escritório Técnico de Agricultura Brasil – Estados Unidos (LEPSCH et al., 2015).

Atualmente, o sistema de classificação da terra está publicado pelo título “*Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso*” (LEPSCH et al., 2015). A utilização do atual sistema é recomendada, segundo Lepsch et al. (2015),

principalmente para fins de planejamento de práticas de conservação do solo, em nível de propriedades ou de pequenas bacias hidrográficas. Porém, como agrupa diversas variáveis, tem sido utilizado para solução de outros problemas que não são necessariamente relacionados à erosão.

O sistema, as classes de capacidade de uso do solo são representadas por algarismos romanos e variam da classe I até VIII sendo, a I a menos restritiva e a VIII a mais restritiva. A seguir é apresentado o resumo de cada classe de capacidade de uso (LEPSCH et al., 2015; MENDONÇA; LOMBARDI NETO; VIÉGAS, 2005):

- a) Classe I: Terras cultiváveis, aparentemente sem problemas especiais de conservação;
- b) Classe II: Terras cultiváveis com problemas simples de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;
- c) Classe III: terras cultiváveis com problemas complexos de conservação e/ou de manutenção de melhoramentos;
- d) Classe IV: terras cultiváveis apenas ocasionalmente ou em extensão limitada, com sérios problemas de conservação;
- e) Classe V: terras adaptadas – em geral para pastagens, e, em alguns casos, para reflorestamento, sem necessidade de práticas especiais de conservação – cultiváveis apenas em casos muito especiais;
- f) Classe VI: terras adaptadas – em geral para pastagens e/ou reflorestamento, com problemas simples de conservação – cultiváveis apenas em casos especiais de algumas culturas permanentes protetoras do solo;
- g) Classe VII: terras adaptadas – em geral somente para pastagens ou reflorestamento – com problemas complexos de conservação
- h) Classe VIII: terras impróprias para cultura, pastagem ou reflorestamento, que podem servir apenas como abrigo e proteção da fauna e flora silvestre, como ambiente para recreação ou para fins de armazenamento de água.

Após o estabelecimento das classes de capacidade de uso, são identificadas as subclasses de capacidade de uso. Estas são caracterizadas em função da natureza da limitação do uso do solo. A identificação das subclasses de capacidade de uso auxilia na determinação de práticas conservacionistas ou corretivas em relação a natureza da limitação. A natureza é representada por uma letra minúscula e podem ser de quatro naturezas (LEPSCH et al., 2015):

- a) e: limitações pela erosão presente e/ou risco de erosão;
- b) s: limitações referentes às propriedades intrínsecas do solo;
- c) a: limitações referentes ao excesso de água;
- d) c: limitações referentes ao clima.

Por fim, são definidas as unidades de capacidade de uso, que torna mais específica a natureza das limitações. As classes, subclasses e unidades de capacidade de uso do solo são definidas a partir do levantamento do meio físico da área de estudo. O levantamento consiste em acumular a maior quantidade de informações que são de interesse para empreendimentos sobre o solo, tal como elaboração de planos de manejo e recuperação de áreas degradadas e empreendimentos agropecuária de alto e/ou baixo impacto. Este processo facilita ainda mais a escolha das práticas de manejo adequadas para o estabelecimento de prática mais equilibradas e conservacionistas.

Estudos utilizando o sistema de classificação da capacidade de uso das terras para auxiliar no planejamento conservacionista nas terras da micro-bacia hidrográfica do Riacho Uma, em Sapé – Pernambuco foram desenvolvidos por Mendonça, Lombardi Neto e Viégas (2006). Segundo os autores, os resultados obtidos demonstraram que 57,7% das terras são indicadas para uso agrícola. Para atividades menos intensivas como pastagem, florestamento e vida silvestre o percentual foi de 37,6% da área. As áreas destinadas para preservação da fauna e flora por restrições do solo e relevo totalizaram 1,7%.

Utilizando o procedimento metodológico proposto por Lepsch et al. (2015), Cunha e Pinton (2012) avaliaram a dinâmica do uso da terra e sua adequabilidade em relação à capacidade física na bacia hidrográfica do Córrego Cavalheiro, Analândia – São Paulo. Segundo os autores, a metodologia utilizada se mostrou eficiente para o diagnóstico ambiental de bacias hidrográficas. Cunha e Pinton (2012) constataram que o atual uso da terra praticado na área de estudo se encontra predominantemente inadequado com a capacidade de uso das terras.

Discutindo a relevância dos estudos da capacidade de uso das terras e sua adequação. Cunha e Pinton (2012) forneceram dados relevantes que podem auxiliar várias instâncias na tomada de decisão acerca do manejo do uso do solo. Porém, seu foco principal é auxiliar a elaboração de planos que visem a utilização adequada das terras, conciliando o desenvolvimento socioeconômico e a preservação ambiental dos recursos naturais para a atual e futuras gerações.

Sistemas de informação geográfica aliado ao sistema de classificação da capacidade de uso das terras foram usados por Rodrigues, Zimback e Piroli (2001), que obtiveram resultados sobre a atual situação do uso das terras na bacia hidrográfica do Rio Pardo, Botucatu – São Paulo. Segundo os autores, nas terras avaliadas 89,28% estão em situação adequada e 10,72% estão inadequadas, apresentando resultados muito satisfatórios.

Após identificarem as áreas de uso inadequado, Rodrigues, Zimback e Piroli (2001) sugeriram um enquadramento da área para reverter a situação de degradação. Rodrigues et al. (2001) orientaram que as áreas inadequadas que estão com o uso atual destinados às culturas deverão ter sua exploração alterada para outro uso de menor intensidade de uso. Já, as áreas destinadas à pastagem devem ser destinadas ao reflorestamento e/ou preservação da fauna e da flora.



O conhecimento técnico aliado a utilização de sistemas de informação geográfica é uma técnica eficaz para o desenvolvimento de sistemas de suporte de decisão para o estabelecimento de recomendações acerca do uso e manejo sustentável das terras. Ao avaliar a adequação das terras no Município de Santo Antônio de Jardim – São Paulo, Giboshi, Rodrigues e Lombardi Neto (2006) observaram que, aproximadamente 32% da região está sendo intensamente explorado, com terras utilizadas inadequadamente, em desacordo aos critérios estabelecidos pelo sistema de capacidade de uso.

Aplicando o sistema de capacidade de uso das terras para avaliar a situação do uso na sub-bacia hidrográfica do riacho Pitombeira em Jaguaribe – Ceara, Junior et al. (2015) concluem que as terras da sub-bacia apresentam elevados níveis de degradação de seus solos e a utilização fica restrita ao desenvolvimento de pecuária extensiva, desde que sejam adotadas práticas para cessar os processos de degradação. Porém, a maior parte das terras foram destinadas para preservação do solo e da água.

Utilizando sistemas de informação geográficas na definição da capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do rio Sararé, no sudoeste de Mato Grosso, Pinto et al. (2015) sugerem que parte da bacia seja direcionada para o cultivo de lavouras anuais. Porém essa apropriação deve ser feita de forma a se respeitar as áreas com elevado valor ecológico.

Nas pesquisas realizadas na literatura, foram identificadas metodologias que buscam definir a capacidade de uso das terras, uso atual das terras e sua adequação. Porém, a avaliação temporal da adequação e conflito de uso das terras não foi observada durante a pesquisa bibliográfica. Olivetti et al. (2015) discute a utilidade de avaliar fenômenos de forma temporal e esta avaliação se coaduna perfeitamente na avaliação temporal da adequação das terras. Pesquisas com esse foco são necessárias para avaliar a eficiência da análise da evolução temporal da adequação do uso das terras (CUNHA; PINTON, 2012; GIBOSHI; RODRIGUES; LOMBARDI NETO, 2006; JUNIOR et al., 2016; MENDONÇA; LOMBARDI NETO; OLIVETTI et al., 2015; PINTO et al., 2015; PIROLI, 2001; RODRIGUES; ZIMBACK; SILVA, et al., 2013; VIÉGAS, 2006).

## **2.4 Serviços Ambientais**

Os serviços ambientais são todos os benefícios que a sociedade obtém dos ecossistemas. Como exemplo podemos citar a proteção do equilíbrio hidrológico, prevenção de deslizamentos de massa e controle da erosão promovidos pelo estabelecimento da mata nativa. Para a agricultura, os serviços ambientais podem promover a fertilização do solo pelo acúmulo de fezes de animais no solo,

decomposição de plantas e animais e por microrganismos presentes no solo e em raízes de plantas que contribuem para aumento da matéria orgânica presente na camada superficial do solo (PARRON et al., 2015).

Mesmo sendo um termo criado recentemente vários estudos vem demonstrando a importância dos serviços ambientais na manutenção da biodiversidade e no equilíbrio ecológico. Isso porque estudos vem demonstrando o aspecto positivo dos serviços ambientais prestados pelo ecossistema na manutenção e qualidade de vida das sociedades contemporâneas. Parron et al. (2015) discutem diferentes abordagens sobre os serviços ambientais e correlacionam que a fragmentação da mata nativa é um dos principais problemas relacionados com a perda ou diminuição dos serviços ambientais.

As enchentes e inundações são processos hídricos extremos, marcado pelo extravasamento de água do leito maior de rios e córregos e é o principal desastre natural brasileiro (BRASIL, 2004). Os estudos elaborados por Parron et al. (2015) demonstram que estes problemas podem ser amenizados se estabelecida a mata ciliar de córregos e rios inseridos em áreas urbanas. Isso porque a mata nativa realiza o serviço ambiental de regularizar o fluxo hídrico evitando o extravasamento de água para além de seu leito. Pois devido a absorção das plantas, prolongando o tempo de saturação do nível freático.

Os serviços ambientais prestados pelo solo permitem produzir alimentos com elevada produtividade. Porém, esta produtividade é reduzida devido à ausência de técnicas de manejo conservacionistas. Sistemas agrícolas de uso intensivo, principalmente os relacionados ao agronegócio podem causar maior degradação em áreas de clima seco e solos arenosos. Porém esta forma de produção agropecuária é mais adequada em áreas com temperaturas mais amenas e solos com maiores teores de argila (PARRON et al., 2015).

O fator determinante para manter a qualidade do solo e da água é compreender as propriedades químicas, físicas e ambientais do solo, identificando sua aptidão e promovendo de forma conjunta a produção agropecuária e manejos conservacionistas com vista a não perder os serviços ambientais prestados pelo solo e pelas matas nativas (AMADO et al., 2007; PARRON et al., 2015).

## **2.5 Agricultura conservacionista**

A agropecuária é a atividade humana que mais demanda recursos do meio ambiente. Além do amplo espaço necessário, causam uma série de impactos ambientais negativos. Dentre estes impactos podem ser citados como exemplos, a erosão acelerada, a fragmentação das matas nativas, o

assoreamento de corpos de água e a redução das taxas de matéria orgânica e de nutrientes no solo (PACINI et al., 2003; PARRON et al., 2015).

É possível alcançar uma produção agropecuária ambientalmente sustentável, economicamente viável e socialmente justa como demonstra a discussão de Leakey (2014). Segundo o autor, os sistemas agroflorestais de produção permitem aumentar as taxas de matéria orgânica e nutrientes no solo por meio da incorporação de matéria orgânica da própria floresta no solo. Dessa forma, cria-se solos com elevadas taxas de matéria orgânica, elemento essencial para elevação da produtividade.

Plantações em consórcio de café e cacau, que são espécie de valor econômico, com árvores nativas Leakey (2014) demonstra que relações ecológicas de predação e controle biológico de pragas ocorrem naturalmente, dispensando agroquímicos. Dessa forma cria-se um ambiente propício para o desenvolvimento da biodiversidade local, aumentando a prestação de serviços ambientais.

As evidências apresentadas por Leakey (2014) demonstram que os sistemas agroflorestais aumentam a produtividade agrícola e a qualidade do ambiente como um todo, mas principalmente do solo. Sendo assim, a produtividade na agropecuária aumenta em parceria com a conservação dos recursos naturais, promovendo a produção de alimentos saudáveis, livres de agrotóxicos e fertilizantes químicos em solos com baixa fertilidade, a segurança alimentar e nutricional, bem como a redução da pobreza.

A intensificação e expansão da agricultura moderna tem causado impactos na biodiversidade e nos recursos naturais. Os estudos de Hole et al. (2004) apontam que paralelamente com a expansão da agropecuária ocorreu a redução drástica de muitas espécies na Europa. Atualmente, a expansão do agronegócio em direção aos biomas da Amazônia e Cerrado vem promovendo a mesma redução. Isto devido à redução da mata nativa, habitat de muitas espécies, e necessária para sua reprodução e alimentação.

Uma alternativa neste cenário de perda drástica de biodiversidade devido à expansão da agropecuária moderna é a implementação de sistemas agrícolas ecológicos, como os sistemas agroflorestais. Corroborando com as pesquisas de Leakey (2014), Hole et al. (2004) demonstram que sistemas agrícolas ecológicos promovem o aumento da produtividade e conservação da biodiversidade, promovendo o aumento da qualidade ambiental do solo, da água e das matas.

Cumprir atentar que pesquisas realizadas demonstram os ganhos econômicos e ambientais de utilizar sistemas alternativos de produção agropecuária. Parron et al. (2015) apresentam dados que comprovam que a integração lavoura-pecuária-floresta aumenta as concentrações de matéria orgânica presente no solo, melhoraria do ciclo hidrológico, conservação da biodiversidade e contribuem diretamente para captura de carbono na atmosfera.

Além da questão produtivista, uma concepção ecológica de produção agropecuária afeta toda a sociedade. A integração produtividade-educação ambiental é um procedimento fundamental em qualquer sistema de produção agroecológico. Parron et al. (2015) demonstram que após o aumento do rendimento de uma propriedade rural que utiliza técnicas agroecológicas e manejos conservacionistas na produção agropecuária no oeste do Paraná ter aumentado, os proprietários vizinhos adotaram tais manejos voluntariamente. Esse fato teve grande importância para aumentar a qualidade dos serviços ambientais e conservação do meio ambiente na região.

Na avaliação dos indicadores de sustentabilidade no Município de Oliveira – MG, Silva (2016) demonstra a viabilidade de utilizar o sistema de capacidade de uso das terras para auxiliar técnica e cientificamente a tomada de decisão para elaboração de planos de manejo para sub-bacias hidrográficas. A partir de um banco de dados georeferenciado com informações do relevo, pedologia, geologia, hidrográfica, uso do solo, dados sociais e econômicos, Silva (2016) discutem a importância de adotar o sistema de capacidade de uso para elaboração de indicadores de sustentabilidade. Os estudos desenvolvidos por Silva (2016) estabelecem uma série de indicadores de qualidade ambiental referentes aos aspectos ambientais, sociais e econômicos para medir o índice de sustentabilidade em sub-bacias hidrográficas ou pequenas propriedades rurais. Os índices podem ter impactos positivos ou negativos. Assim, são identificadas as individualidades da bacia hidrográfica e o planejamento se torna mais consistente, podendo melhorar a produtividade da agropecuária.

Estudos desenvolvidos por Silva et al. (2013) concluíram que o uso do sistema de informação geográfica possibilitou a separação das classes de solos e dos relevos além da determinação do potencial de uso, uso atual e adequação de uso do solo. O topogrid foi adequado para gerar o Modelo Digital de Elevação Hidrologicamente Consistente para a Sub-bacia das Posses em Extrema - MG, podendo ser utilizado para gerar o mapa de relevo. Devido à pouca profundidade dos solos e elevada declividade e a susceptibilidade à erosão hídrica, os usos dos solos mais recomendados para a Sub-bacia das Posses são as pastagens nativas, reflorestamentos e conservação ambiental evidenciando a importância do manejo sustentável na bacia. A Sub-bacia das Posses possui 11% de suas terras subutilizadas, 12% com uso acima da capacidade de uso, 58% dentro do uso adequado, 18% de áreas de preservação permanente e um 1% de estradas.

### 3. JUSTIFICATIVAS

A agropecuária é uma atividade essencial para a vida humana. Ela acompanha a história do homem desde que se tornou sedentário. Porém, com o aumento dos empreendimentos agropecuários, mais áreas são destinadas à agricultura e, na maioria das vezes, a utilização das terras é feita sem planejamento e manejo, podendo causar problemas graves de conservação (CUNHA; PINTON, 2012). Assim, é de suma importância identificar as fragilidades e potencialidades dos solos destinados a agropecuária, objetivando elaborar planos de manejo sustentáveis dos solos (CUNHA; PINTON, 2012). Ayer et al. (2015) simularam a erosão com a adoção de práticas de manejo conservacionistas, que apresentou resultados satisfatórios em relação à redução da erosão. Baseado neste quadro de degradação, os estudos referentes à definição da capacidade de uso do solo auxiliam a definir medidas mitigadoras para redução das taxas de erosão da área e contribuir para o uso e manejo sustentável dos recursos edáficos.

#### **4. OJETIVO GERAL**

O objetivo deste trabalho foi avaliar as áreas de conflito de uso das terras utilizando o sistema de classificação de capacidade de uso proposto por Lepsch et al. (2015) nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2015. Posteriormente foi proposto plano de uso e manejo conservacionista com o intuito de melhorar a qualidade do solo, água, matas nativa e áreas de preservação permanente e os serviços ambientais prestados pelos recursos naturais da sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca, no Município de Alfenas, MG.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2011**, Brasília, 2012.

AMADO, T. J. C. et al. Qualidade do solo avaliada pelo “Soil Quality Kit” em dois experimentos de longa duração no Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 1, p. 109-121, 2007.

ARAÚJO, J. L.; ANJOS, L. H. C.; PEREIRA, M. G. Atributos do solo e distinção de pedoambientes para a agricultura na terra indígena mbya em Ubatuba (SP). **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, vol.33, n.6, Nov/Dez, 2009. Versão online disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832009000600025](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832009000600025). Acessado em 04 mar. 2016.

AYER, J. E. B.; OLIVETTI, D.; MINCATO, R. L.; SILVA, M. L. N. Erosão hídrica em Latossolos vermelhos distróficos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 2, p.180-191, 2015.

BRASIL., Ministério das Cidades. **Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações**. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológica – IPT, 2004, 72p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente – Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução nº 37** de 29 de Agosto de 2006. Brasília, 2006. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acessado em: 26 set. 2016.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012. **Código Florestal Brasileiro**. Brasília, 2012. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2012/lei/l12651.htm). Acesso em: 29 ago. 2016.

BURROUGH, P. A.; McDONNELL, R. A. **Principles of Geographic Information Systems**. . New York: Oxford University Press, 1998, 333p.

CUNHA, C. M. L.; PINTON, L. G. Avaliação da capacidade de uso das terras na bacia hidrográfica do córrego do cavaleiro – Analândia, SP. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 459-471, 2012.

COELHO, M. R. et al. **Estoque de carbono orgânico do solo sob floresta e pastagem no município de São José de Ubá, Estado do Rio de Janeiro**. 1. ed. Rio de Janeiro: Embrapa solos - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2011, 32 p.

DALE, V. H.; POLASKY, S. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. **Ecological Economics**, New Hampshire, v. 64, p. 286-296, 2007.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA Solos, 2011, 230p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISAS AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA solos, 2013, 306p.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Atlas dos Municípios da Mata Atlântica – período 2011-2012**, Anexo 1. São José dos Campos, INPE, 2013.

GIBOSHI, M. L.; RODRIGUES, L. H. A; LOMBARDI NETO, F. Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n. 4, p. 861-866, 2006.

HASUI, Y. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste Brasileira e a estruturação regional. **Revista Geociências**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 141-169, 2010.

HOFIG, P.; MOURA, N. S. V.; GIASSON, E. Aptidão agrícola das terras em Cerro Grande do Sul-/RS. **Boletim Gaúcho de Geografia**. v. 42, n.1, jan, p.352-368, 2015. Versão online disponível em: <http://www.seer.ufrgs.br/index.php/bgg/article/view/45132/32952>. Acessado em 04 mar. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Censo agropecuário 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/>>. Acesso em: 10 jan. 2016.

JUNIOR, J. M. C. et al. Avaliação da capacidade de uso das terras da sub-bacia hidrográfica do riacho Pitombeira em Jaguaribe – CE. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35, 2015, Natal. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2015. Arquivo Digital, disponível em: <http://www.cbcs2015.com.br/arearestrita/arquivos/650.pdf>. Acessado em 18 mar. 2016.

LEAKEY, R. R. B. The role of trees in agroecology and sustainable agriculture in the tropics. **Annual Review of Phytopathology**, v. 52, n. 1 p.113-133, 2014.

LESPCH, I. F. et al. **Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso**. 1. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciências do Solo, 2015. 170p.



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. 4, p. 690–694, 2012.

MENDONÇA, I. F. C.; LOMBARDI NETO, F.; VIÉGAS, R. A. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbacia do Ricahó Uma, Sapé, PB. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, p. 888-895, 2006.

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. **Revista Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 1, p. 58-67, 2015.

PACINI, C. et al. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. **Agriculture, Ecosystems and environment**, Zurich, v. 1, n. 1, p. 273-288. 1989.

PARRON, L.M. et al. **Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica**. Brasília: Empresa de Pesquisa Agropecuária, 2015, 370p.

PINTO, V. R. et al. Capacidade de uso das terras da bacia hidrográfica do Rio Sararé, sudoeste do Estado de Mato Grosso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 35, 2015, Natal. **Anais**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Arquivo Digital, disponível em: <http://www.cbcs2015.com.br/arearestrita/arquivos/650.pdf>. Acessado em 18 mar. 2016.

RANIERO M. **O efeito da paisagem na subtribo de abelhas Euglossina (Hymenoptera: Apidae)**. Dissertação de Mestrado em Ecologia e Tecnologia Ambiental, UNIFAL-MG, Alfenas, 2013. 54p.

RIGBY, D.; CÁCERES, D. Organic Farming and sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**, Montevideo, v. 68, n. 1, p. 21-40, 2001.

RODRIGUES, J.B.T.; ZIMBACK, C.R.L.; PIROLI, E.L. Utilização de sistema de informação geográfica na avaliação do uso da terra em Botucatu – SP. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n. 2. p. 675-681, 2001.

RONQUIM, C. C. **Conceitos de fertilidade e manejo adequado para regiões tropicais**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite - Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 2010. 26p.

SILVA, M.A. et al. Sistema de informações geográficas no planejamento de uso do solo. **Rev. Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 316-323, 2013.

SILVA, M. L. N. et al. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latossolos Brasileiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 6, p.1207-1220, 2000.

SILVA, M. De S. **Indicadores de sustentabilidade para a gestão do manancial de abastecimento público de Oliveira, MG.** Tese de Doutorado em Engenharia Florestal, UFLA-MG, Lavras, 2016, 182p.

SPAROVEK, G.; VAN LIER, Q. J.; DOURATO NETO, D. Computer assisted Köppen climate classification: case study for Brazil. **International Journal Climatology**, Chichester, v. 27, n. 2, p. 257-266, 2007.

UFV; UFLA; FEAM; CETEC. **Mapa de solos do Estado de Minas Gerais.** Escala 1: 650.000. Belo Horizonte: FEAM, 2010.

**ANEXO A: ARTIGO SUBMETIDO A REVISTA BRASILEIRA DE GEOGRAFIA FÍSICA**

## Land use capacity and environment services

Lucas Emanuel Servidoni<sup>1</sup>; Joaquim Ernesto Bernardes Ayer<sup>2</sup>; Marx Leandro Naves Silva<sup>3</sup>; Velibor Spalevic<sup>4</sup>  
Ronaldo Luiz Mincato<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Master's degree in progress - Post-graduation Program in Environmental Sciences, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG, R. Gabriel Monteiro da Silva, 700, CEP 37130-000, Alfenas, Minas Gerais, lucas\_servidoni@hotmail.com. <sup>2</sup>Professor at Faculdade de Paulínia - FACP, PhD in progress - Post-graduation Program in Geosciences, Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP, R. João Piandá Calóguas, 51, CEP 13083, Barão Geraldo, Campinas, São Paulo, joaquimayer@ige.unicamp.br. <sup>3</sup>Professor Associate at Soil Science Department, Universidade Federal de Lavras - UFLA, R. Doutor Sylvio Menicucci, 1001, CEP 37200-000, Lavras, Minas Gerais, marx@dcs.ufla.br. <sup>4</sup>Professor Dr. Sc. at University of Montenegro, Faculty of Philosophy, Department of Geography, 81000, Niksic, Montenegro, velibor.spalevic@ac.me. <sup>5</sup>Professor Associate at Institute of Nature Sciences, Universidade Federal de Alfenas – UNIFAL-MG. R. Gabriel Monteiro da Silva, 700, CEP 37130-000, Alfenas, Minas Gerais, ronaldo.mincato@unifal-mg.edu.br.

### ABSTRACT

The increasing demand for food resulting from demographic growth has required more productive agropastoral practices. Consequently, new areas were selected for agropastoral production in an arbitrary way, disregarding land use capacity. This ends up in acceleration of degradation processes, mainly those related to water erosion. In this context, the system of land use capacity proposes the classification of maximum use allowed for land of a rural property or of a hydrographic sub-basin, in an attempt to make sustainable plans of use and management of natural resources. Concerning current use of land, the system indicates the sites where there are conflicts in use in relation to their use capacity. Thus, it is possible to propose measures to adapt land use to its use capacity. Therefore, in this study, the classes of land use capacity at the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, in Alfenas, in the state of Minas Gerais, were evaluated. For that purpose, the following soil parameters were evaluated: effective depth, water permeability, texture, declivity, erosion class, base saturation, effective and potential cationic exchange capacity, and aluminum saturation. Soil analyses presented values of base saturation and of low capacity of effective and potential cationic exchange, which illustrate the low natural fertility of these soils, as well as aluminum saturation level harmful to most cultures. Thus, land use would be restricted to low impact, permanent crops, silvicultures, associated agrosilvipastoral system with conservationist management techniques, as, for example, direct seeding, soil correction and fertilization, and reforestation of permanent preservation areas.

**Key-words:** Agroecology, Geotechnologies, Agroenvironmental Planning

### Capacidade de uso das terras e serviços ambientais

### RESUMO

A crescente demanda por alimentos devido ao crescimento demográfico tem exigido uma agropecuária mais produtiva. Novas áreas são destinadas à produção agropecuária de forma arbitrária, sem respeitar a capacidade de uso das terras. Neste contexto, o sistema de capacidade de uso das terras propõe a classificação do uso máximo permitido para terras de uma propriedade rural ou sub-bacia hidrográfica, buscando elaborar planos de uso e manejo sustentáveis de seus recursos naturais. Em relação ao uso atual das terras, o sistema indica os locais em que existe um conflito de uso em relação a sua capacidade de uso. Assim, é possível propor medidas para adequar o uso das terras com sua capacidade de uso. Nesta pesquisa, foram avaliadas as classes de capacidade de uso das terras da sub-bacia hidrográfica do Córrego Pedra Branca, Alfenas, Minas Gerais. Para tanto, foram avaliados os seguintes parâmetros do solo: profundidade efetiva, permeabilidade à água, textura, declividade, classe de erosão, saturação por bases, capacidade de troca catiônica efetiva e potencial, e saturação por alumínio. Ensaios analíticos do solo apresentaram valores de saturação por bases e de capacidade de troca catiônica efetiva e potencial baixos, que ilustram a baixa fertilidade natural desses solos em conjunto com índices de saturação por alumínio, prejudiciais à maioria das culturas. A utilização do solo ficaria restrita a culturas permanentes de baixo impacto sobre o meio ambiente, silvicultura, sistema agrosilvipastoris aliados a técnicas de manejo conservacionistas, como plantio direto, correção do solo e adubação e reflorestamento das áreas de preservação permanente.

**Palavras-chave:** Agroecologia, Geotecnologias, Planejamento Agroambiental

## Introdução

The increasing demand for food resulting from demographic growth has required more productive agropastoral practices. Consequently, new areas were selected in an arbitrary way for agropastoral production, disregarding land use capacity. This situation speeds up soil degradation processes, mainly those related to accelerated water erosion (Lepsch et al., 2015). In studies about soil losses related to water erosion, Ayer et al. (2015) evaluated soil loss susceptibility in the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, Alfenas, in the state of Minas Gerais (MG). They detected losses of 23.86 Mg year<sup>-1</sup>, with average losses of 8.40 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>, and found that 34.80% of the sub-basin presented losses above soil loss tolerance limit (SLTL), which varied from 8.94 to 9.99 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>.

The system of use capacity proposes a classification of the maximum use of land for a certain area and is relevant when planning conservationist management for rural properties and hydrographic basins. In relation to the current use of the soil, the system of use capacity may point out the sites in which the use is above capacity. With this in mind, it is possible to propose measures to adapt the use of the areas to their respective capacities and, thus, reduce degradation levels (Giboshi et al., 2006; Cunha e Pinton, 2012; Lepsch et al., 2015).

The system of use capacity indicates a better land use from the conservationist point of view. However, it is important to pay attention to the management practices adopted. Conservationist management practices are essential in establishing a socioeconomic and environmentally sustainable agriculture. Simple proceedings as, for example, the adoption of a rotating instead of continuous grazing system, and direct seeding could contribute to a significant reduction of erosion rates (Ayer et al., 2015; Olivetti et al., 2015).

Among soil conservation alternatives, agroecology is a process of production supported by environmental ecological aspects. Therefore, the use of agroecological concepts and practices favor management alternatives in agropastoral activities (Gliessman, 2000). These include the use of organic fertilizers including organic matter, treated sewage sludge and/or the incorporation of biomass in direct seeding systems, which enable the maintenance of ecosystem services, offered

freely by nature (Mendonça et al., 2006; Coelho et al., 2011; Macfadyen et al., 2012; Parron et al., 2015).

According to McGregor (1976), environment or ecosystem services are those offered by nature and may be in the form of products obtained from ecosystems which are referred to as provisioning services, as benefits resulting from the regulation of ecosystem processes, as non-material benefits, also referred to as cultural services and supporting services, necessary for the basic development of life.

Environment services are all the benefits that society obtains from ecosystems. For instance, we can mention the hydrological balance protection, prevention of landslides and erosion control promoted by established the native forest. Regarding agriculture, ecosystem services may lead to soil fertilization due to the accumulation of manure on the soil, decomposition of plants and animals, and microorganisms present in the soil and in plant roots, which contribute to the increase of organic matter present in the soil surface layer (Parron et al., 2015).

In the evaluation of land use capacity, geotechnologies enable handling a large amount of spatial data simultaneously in a faster and more reliable way. Geotechnologies are a set of powerful tools for the analysis and management of the territory, of broad application, with the possibility of being used in economic, social and environmental issues. With the availability of satellite imagery, it was possible to monitor spatial phenomena at different time intervals and at low cost (Lepsch et al., 2015; Olivetti et al., 2015).

By assessing the sustainability indicators at the public drinking water source in Oliveira - MG, Silva (2016) shows the feasibility of using the system of land use capacity as a technical and scientific support in decision making when sustainable management plans are in study for hydrographic basins. From the georeferenced databases, which presents information about relief, pedology, geology, hydrography, land use and socioeconomic factors he points out the importance of adopting the system of land use capacity when surveying the sustainability indicators.

According to Silva et al. (2013), the use of the geographic information system enables to sort out classes of soil and relief, besides determining the potential, actual and adapted soil use. At the sub-basin *das Posses* in Extrema – MG, in consequence of the low soil depth, steep slopes and high susceptibility to water erosion, the most recommended soil uses were native pasture,

reforestation and environment conservation, evidencing the importance of sustainable management at the basin. 11% of *Das Posses* sub-basin area is behind use capacity, 12% is over use capacity, 58% is in balance, 18% are permanent preservation area and 1% is occupied by roads. In this case, land behind use capacity does not represent socioeconomic or environmental problem, provided conservationist management practices are followed.

Córrego da Pedra Branca hydrographic sub-basin is partially inserted in the urban area of Alfenas and it experiences intense urbanization since 1980. It is important to point out that urban expansion affects directly the sub-basin soil and water with pollution and contamination because of inadequate disposal of effluents and solid residues. Currently, urban expansion and traditional agroforestry, disregarding Forest Code (Law number 12.651, May 25, 2012), exerts big pressure on ecosystem services (Ayer et al., 2015).

The aim of this study was to evaluate the evolution of adjustments to land use in the Hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, Alfenas, south of Minas Gerais, using remote sensing images, based on the use capacity system (Lepsch et al., 2015). To propose conservationist plans of soil and water use and management, having in mind a sustainable agroforestry production and conservation of ecosystem services was also attempted.

## Materials and Methods

The study area comprises the Hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, which crosses Alfenas's urban area from South to North. The sub-basin occupies 2,642 ha between coordinates 21° 20' to 21° 00' S and 45° 55' to 46° 00' W, with altitudes of 780 and 920 m (Figure 1).

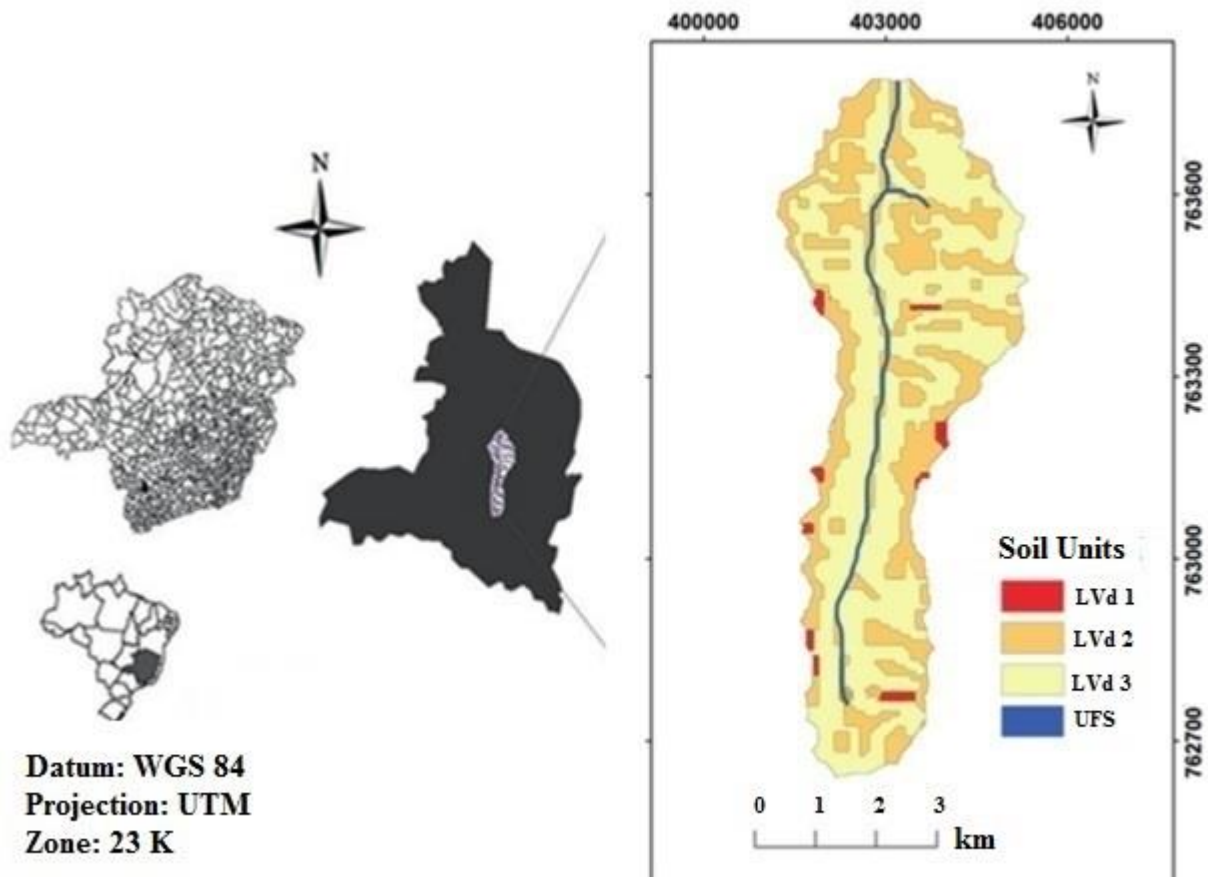


Figure 1. Study area with soils mapping units. LVd1: Dystrophic Red Latosol in flat relief; LVd2: Dystrophic Red Latosol in gently wavy relief; LVd3 Dystrophic Red Latosol in wavy relief; UFS: Undifferentiated Floodplain soils. Source: Adapted from Ayer et al. (2015).

The sub-basin belongs to the Rio Grande Hydrographic Basin and it is a tributary of the Furnas Hydroelectric Power Plant (FHPP) dam, which is of strategic importance in supplying energy and water to the southeastern region of Brazil (Ayer et al., 2015). Climate, as per Köppen classification, is Mesothermal, Tropical (CwB) (Sparovek et al., 2007), with mean yearly precipitation of 1,500 mm.

Figure 1 also illustrates the soil map resulting from overlapping Minas Gerais Soil Map (FEAM, 2010) and the relief unities obtained from the slope map of the digital elevation model "Shuttle Radar Topography Mission" (Embrapa, 2006). Four soil unities were mapped: Dystrophic red latosol in flat area (LVd1), in gently wavy area (LVd2), and in wavy area (LVd3), and undifferentiated floodplain soils (UFS). Each soil unity occupies respectively, 1.5%, 33.8%, 56.5%, and 8.3% of the sub-basin area.

Polymetamorphic, pre-Cambrian granulite gneisses and charnockitic form the geological substratum. Slopes and hills form the relief (Hasui, 2010).

Soil samples were collected from the surface layer of 0-0.2 m, from October 2012 through April 2013. Four samples for each main use were collected in each soil unity. For each sample, the sum of exchange bases, potential and effective cationic exchange capacity, aluminum saturation and bases saturation indices, and organic matter content were obtained as EMBRAPA (2013) Physical attributes analyzed were texture and soil permeability to water. From the results, limiting factors regarding soil intrinsic properties, such as low natural fertility, low potential and effective cationic exchange capacities, and low organic matter content were defined.

Conservationist survey and harmonious balance of land use involve collecting environmental and socioeconomic data to help in the classification of land use capacity. Conservationist survey data were organized by means of symbols and conventional notetaking, displayed in a specific organization known as obligatory formula by Lepsch et al. (2015). Such formula considers soil effective depth, texture, permeability to water, declivity, apparent erosion, specific limiting factors for use in agriculture, and actual soil use. From this formula, use capacity classes are defined (Silva et al., 2013).

Land use mapping and temporal classification were carried out with bands 5 (middle infrared), 4 (near infrared), and 2 (green) of the Landsat-5 sensor Thematic Mapper-TM, corresponding to orbit/site 291/74 of May 5, 1986, August 7, 1996, and of September 14, 2006, and of

Landsat-8 sensor Operational Imager – OLI of March 14, 2015. Landsat-5 and Landsat-8 imagery have spatial resolution of 30 m and each image covers 185 Km<sup>2</sup>. Radiometric resolution is of 8 bits, which makes separation of objects with similar spectral behavior difficult. However, field work allowed correcting areas with questionable classification. Imagery from Landsat-5 and Landsat-8 sensors were freely obtained from Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. As satellite Landsat-5 was landed in 2011, imagery from satellite Landsat-8 was used in 2015.

Images classification was based on the following parameters: Image color, texture and roughness. The adopted classification was visual, due to small dimensions of the study area and by the higher precision that this classification offers. This and the other procedures that involve the use of geographic information systems (GIS) were made using the ArcGIS 10.2 software. Coordinates system of cartographic products was the UTM zone 23° K and the Datum WGS-84.

According to the Brazilian Forestry Code (Brasil, 2012), consolidated use areas are those in Permanent Preservation Areas (PPA) which, in 2008, had already been occupied with traditional cultures for at least 10 years. Thus, the percentage of cultivated area in such situation in imagery from Landsat 5-TM of March 26, 1998, and May 30, 2008 were quantified. Those areas were delimited in GIS and their uses characterized.

Land use adjustment was carried out by comparing maps of land use with those of land use capacity, which enable the definition of areas with land use over natural capacity. Areas with use over capacity were calculated by GIS. Assessment of land use adjustment was carried out on the same dates as those of land use mapping.

From the above characteristics and the cartographic documents with the indication of areas with inadequate use, measures were proposed to improve local agropastoral productivity, having in mind socioeconomic and environmental sustainability.

## Results and Discussion

Analytical results defined soil properties (Table 1). Variables considered were the sum of exchange bases, potential and effective cationic exchange capacity, bases saturation and aluminum saturation indices, and organic matter content. Table 1 comprises sampled sites, which are organized by mapping unities, followed by the average value of each unity.

Land potential (T) and effective (t) cationic exchange capacity indicates the quantity of negative charges the soil has, and, therefore, the quantity of cations that may be adsorbed. Low T and t values mean that the soil is more vulnerable to loss of nutrients by lixiviation. Thus, important cations for soil fertility as, for example, Ca, K and Mg are easily carried away by rain or irrigation water, contributing to eutrophication of rivers. Consequently, it is recommended to correct soil in the area with organic matter and intermittent lime application. Such measures will improve soil fertility and reduce contamination of surface and underground waters resources. Chemical fertilization of plantations will also have costs reduced (Ronquim, 2010).

Except for the LVd3 native forest unit, every sampled soil presented values below 50% for

bases saturation index (V), indicating its dystrophic feature (Table 1). Low indices of bases saturation and of organic matter turn natural fertility at the sub-basin a limiting factor for annual crops, which demand large quantities of nutrients and of organic matter. This reinforces the necessity of use of management techniques that fix nutrients and organic matter in the soils. Fast growing plants, with roots that fix hydrogen are recommended for such process, as, for example, leguminous plants and banana trees. These may be used in consortium and or in rotation with more traditional cultures such as coffee, corn, among other species. On the other hand, besides protecting the soil from rain erosion, direct seeding would allow a larger incorporation of biomass with the increase of organic matter contents and fertility (Ronquim 2010).

Table 1. Chemical analyses of soil samples from the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca

Sample	UTM Coordinates (23 K) m	SB <sup>1</sup>	t <sup>2</sup>	T <sup>3</sup>	V <sup>4</sup>	m <sup>5</sup>	OM <sup>6</sup>	pH <sup>7</sup>
		---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----			----- % -----		Dag/kg <sup>-2</sup>	
P1LVd1	403739 W - 7635367 N	3.09	3.19	7.61	40.67	3.13	2.87	5.50
P2LVd1	403858 W - 7633285 N	0.56	1.26	6.86	8.11	55.56	2,61	5.40
P3LVd1	402868 W - 7628945 N	2.11	3.51	14.39	14.65	39.89	2.74	5.20
PMN LVd1	403465 W - 7635296 N	1.06	1.46	8.10	13.14	27.40	3.70	4.20
M LVd1	--	1.71	2.36	9.24	19.14	31.50	2.98	--
P1LVd2	402473 W - 76383655 N	0.55	1.65	8.42	6.49	3.13	1.87	4.90
P2LVd2	4043930 W - 76357181 N	1.88	2.38	9.75	19.30	55.56	2.87	5.20
P3LVd2	403192 W - 7631066 N	1.51	2.11	7.15	21.09	39.89	2.11	5.20
PMN LVd2	403002 W - 7628587 N	1.57	2.67	10.37	15.11	27.40	2.23	4.20
M LVd2	--	1.38	2.20	8.92	15.50	31.50	2.27	--
P1LVd3	403770 W - 7638147 N	0.57	0.97	5.09	11.23	41.24	2.48	4.70
P2LVd3	403691 W - 7637329 N	0.68	0.96	4.72	14.34	30.61	1.64	5.00
P3LVd3	402473 W - 76303359 N	1.20	1.70	6.25	19.24	29.41	2.11	4.90
PMN LVd3	403725 W - 7637757 N	4.79	4.89	8.41	56.95	2.04	2.63	4.20
M LVd3	--	1.81	2.13	6.12	25.44	25.83	2.21	--
P1UFS	403123 W - 7638084 N	1.11	3.21	18.24	6.10	65.42	5.43	4.80
P2UFS	402729 W - 7636930 N	0.62	1.92	9.42	6.56	67.71	3.14	5.00
PMN UFS	402224 W - 7629289 N	0.46	1.76	9.26	5.01	73.86	2.48	5.10
M UFS	--	0.73	2.30	12.31	5.89	69.00	3.68	--

<sup>1</sup>SB: sum of exchange bases; <sup>2</sup>t: effective cationic Exchange capacity; <sup>3</sup>T: potential cationic Exchange capacity; <sup>4</sup>V: base saturation index; <sup>5</sup>m: aluminum saturation index; <sup>6</sup>OM: organic matter. pH<sup>7</sup>: Potential of Hydrogen. P: sample spot; M: sample sites mean for each soil class; LVd1: Dystrophic Red Latosol in flat relief; LVd2: Dystrophic Red Latosol in gently wavy relief; LVd3 Dystrophic Red Latosol in wavy relief; UFS: Undifferentiated Floodplain soils.

Low concentration of aluminum is beneficial to native forests in areas with neuter pH, and Al(OH)<sub>3</sub> contributes to maintain tropical soil structure due to its flocculation activity. However, at high concentrations it is harmful to almost all crops. Al concentrations above 20.0% (Table 1) are considered high; therefore, a limiting factor for the

satisfactory development of crops (Ronquim, 2010). Soil texture varied from clayey to medium, with a predominance of medium texture. Soils with medium texture present homogeneous granulometry among the different grains that compound them. This texture naturally favors infiltration; however, due to anthropic process, this



feature favor compaction and soil erosion (Ayer et al., 2015).

At the sub-basin (Table 2), soils are deep, well developed and well drained, except for small areas where rocks emerge upstream. Sub-basin

latosols present low natural potential to erosion. However, due to the absence of conservationist management in agropastoral activities, these become more and more susceptible to water erosion, a result from soil compaction.

Table 2. General and specific limiting factors of studied soils from the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, Alfenas, MG.

Soils <sup>1</sup>	Limiting Factors <sup>2</sup>					Especific
	General				Water erosion	
	Effective depth	Texture	Soil water permeability	Relief		
LVd1	Moderate	Medium	Fast	Flat	Laminar	Dystrophic alic
LVd2	Moderate	Medium	Fast	Gently Wavy	Laminar	Dystrophic alic
LVd3	Shallow	Medium	Fast	Wavy	Laminar	Dystrophic alic, rocky, pebbles and gravel.

<sup>1</sup>Soils: LVd1: Dystrophic Red Latosol in flat relief; LVd2: Dystrophic Red Latosol in gently wavy relief; LVd3 Dystrophic Red Latosol in wavy relief; <sup>2</sup>General and specific Limiting Factors adapted from Lepsch et al. (2015).

In order to improve soil quality in the area, it is necessary primarily to stop degradation processes associated to soil conventional management, which use plowing, harrowing and, sometimes, scarification, and compaction as a consequence of mechanization, and, besides this, to adopt measures to increase organic matter contents. Pacini et al. (2003) research compares soil quality in three classes of agropastoral enterprises: organic systems, integrated systems and conventional systems. Organic systems are classified as monocultures with organic management techniques. Integrated systems, by the consortium of different crops and native forest. Conventional systems are characterized by intensive use of soil and abusive use of chemical fertilizers and pesticides. The results obtained by researchers show that, from the soil maintenance and fertility points of view, the most indicated systems are the integrated and the organic. Dale and Polasky (2007) showed the effects of agropastoral practices on soil and found out that conservationist management techniques, especially the production of organic fertilizer (agropastoral residues), besides increasing productivity in agriculture, add value to the product in the market. On the other hand, authors point out that the use of conventional agropastoral practices increase erosion rates and negatively affect ecosystem services processed by the soil.

In relation to classes of land use capacity, four classes of land use capacity were identified at

the Córrego da Pedra Branca Latosols: Classes IV, V, VI and VII, whose spatial distribution are illustrated in Figure 2. Land use capacity are in accordance with Lepsch et al. (2015) definitions.

Class IV is indicated for occasional temporary cultures, limited permanent cultures and rotation cultures with pasture, forests and wild fauna and flora protection areas. Lands in this class demand complex conservationist management practices, due to soil frailty very susceptible to erosion in very steep areas, and that, therefore, must be monitored. Thus, the use of permanent cultures in consortium with native species, direct seeding and in contour lines is recommended.

Class V is indicated for pasture, agroforestry systems and wildlife preservation. Soils may be indicated for pasture and permanent cultures when low fertility is corrected with the use of organic matter and direct seeding. As erosion in this class may be severe due to relief characteristics, soil should not be exposed to bad weather and seeding must be direct and in contour lines.

Class VI presents severe limitations to agriculture. Therefore, it is recommended with though restrictions, with risks of rill and laminar erosion. This class is recommended for native or cultivated forests, for refuge of wild fauna and flora. In the study area, the soil of this class is not much relevant from the agricultural point of view. This way, they are indicated for agroforestry projects, for recreation and wildlife watching.

Class VII presents limitations associated to low soil fertility and to relief, being inadequate for crops and are of restrict use for extensive cattle raising in grazing rotating system. These areas are also indicated for agroforestry systems or for

preservation of fauna and of flora. However, this is the class that best represents the sub-basin and has an important role in the urban and rural development of the municipality.

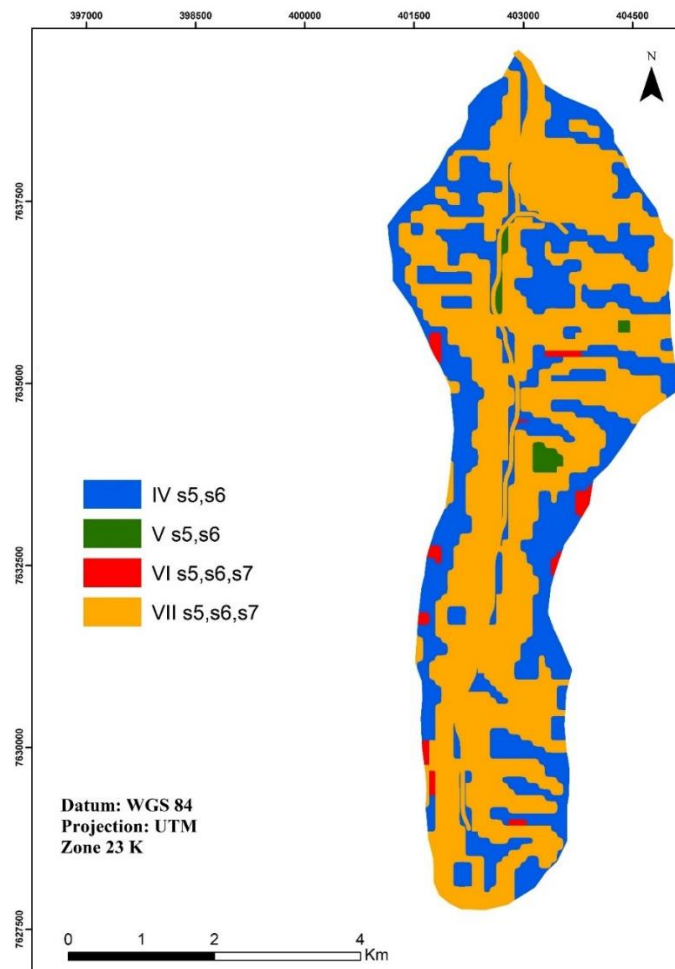


Figure 2. Classes of land use capacity. Specific limiting factors: s5= low bases saturation (V) – indicative of soil natural fertility, the higher the value of V, the higher the content of calcium, magnesium and potassium; s6= high aluminum saturation – indicative of aluminum content at levels harmful to plants; s7= low cationic exchange – indicative of low adsorption of positive charges in the soil, such as Ca, K and Mg ions.

Class VI presents severe limitations to agriculture. Therefore, it is recommended with though restrictions, with risks of rill and laminar erosion. This class is recommended for native or cultivated forests, for refuge of wild fauna and flora. In the study area, the soil of this class is not much relevant from the agricultural point of view. This way, they are indicated for agroforestry projects, for recreation and wildlife watching.

Class VII presents limitations associated to low soil fertility and to relief, being inadequate for crops and are of restrict use for extensive cattle raising in grazing rotating system. These areas are also indicated for agroforestry systems or for preservation of fauna and of flora. However, this is

the class that best represents the sub-basin and has an important role in the urban and rural development of the municipality.

For the area occupied by class VII it is suggested an investment in management practices that may reduce the limiting factors related to low soil fertility and to restrictions imposed by the relief. They represent sites recommended for conservationist management practices including green fertilization, direct seeding and consortium planting with native species. Regarding terrace farming method, with filled in and leveled ground and contour lines, which contributes to the reduction of erosion rates, it may be used without restriction for agricultural development.

Due to the proximity to the urban area, sewage water sludge from the treatment station cannot be used in the process of soil correction by direct incorporation of organic matter, in compliance with Resoluções n°. 375 and 380 from CONAMA (Brasil, 2006).

Land uses, from 1986 to 2015, are presented in Table 3 and, based on satellite images, were classified in: coffee, sugar cane, eucalyptus, native forest, corn, urban area and pastures. In this time interval, we highlight the reduction of areas planted with coffee from 8.80 to 4.00%. Sugar cane area was reduced from 5.60 to 0.14%. Sugar cane area reduction was due to relief features that disfavor mechanization. Pasture areas decreased from 53.70 to 44.40%. Corn, which occupied 6.00% of the area in 1986, was not identified in 2015.

The area with eucalyptus grew from 0.20 to 6.40% in the same time interval. Such increase is corroborated in eucalyptus culture from 2006 to 2011, which, in Brazil, increased from 3.7 to 4.9 million of hectares and, in Minas Gerais, from 1.2 to 1.4 million of hectares as a result of paper export,

of consumption in construction industry and of energy production as charcoal (ABRAF, 2012).

The areas with native and in succession stage forests increased from 9.00 to 11.00% from 1986 to 2015. Such increase probably results from changes in environmental legislation, as for instance the Forest Code (Brasil, 2012), which defines the permanent preservation areas – PPA, at rivers edges, with a minimum width band of 30 m and a 50 m radius around water springs. In order to comply with legal requirements, the legal reserve area, which is of 20% for the Mata Atlântica biome, it will be necessary to increase the native forest area in the sub-basin in 9%. Bare soil areas increase from 1.00 to 4.94% from 1986 to 2015, is due, mainly, to urban expansion.

The urban area expanded from 7.70 to 21.62% into the sub-basin from 1986 to 2015. Such expansion occupied part of the Córrego da Pedra Branca floodplain and of native forest and pasture areas. Presently, expansion has occupied PPA areas, threatening ecosystem services.

Table 3. Land use at the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca in hectares (ha) and in percentage (%) in the years 1986, 1996, 2006 and 2015.

Land Use	1986		1996		2006		2015	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
Coffee	231	8.80	100	3.75	47	1.80	105	4.00
Sugar Cane	147	5.60	29	1.09	8	0.30	4	0.14
Eucaliptus	6	0.20	36	1.37	0	0.00	169	6.40
Native Forest	237	9.00	277	10.50	277	10.50	290	11.00
Corn	158	6.00	86	3.23	92	3.50	0	0.00
Bare Soil	27	1.00	50	1.90	18	0.70	130	4.94
Urban Area	203	7.70	319	12.10	467	17.70	571	21.62
Floodplain	212	8.00	211	8.00	198	7.50	198	7.50
Pastare	1449	53.70	1534	58.06	1532	58.00	1173	44.40

ha: hectares

In 2015, illegal uses were observed inside the PPA if forest code is taken into consideration. Results show that 60% of PPA are in accordance with legislation. However, the remaining 40% are illegally occupied for different purposes, as for example, coffee, eucalyptus, pasture and bare soil. Illegal use of the soil associated with little presence of native forest in floodplains and in PPA areas increase production of sediments which cause silting of the floodplain and of Córrego Pedra Branca waterpath, thus hampering local water availability and hydrological balance, and contributing for the sediment accumulation in the Furnas Hydroelectric Plant Dam.

In relation to the adjustment of land use, the multi-temporal mapping of the land use and of the classes of use capacity of the soil in the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca allowed the identification of areas with land use above natural capacity and without conservationist management. In these cases, soils in general undergo more degradation, with loss of nutrients and of organic matter, due to intensification of eroding processes (Lepsch et al., 2015). In a study about water erosion of Latosols in the hydrographic basin of Córrego Pedra Branca, Ayer et al. (2015) made a map of soil loss and found that 34% of the sub-basin area present losses above SLT limits.

Estimated soil losses between 10 and 25 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> occur in sites with conventional management, mainly eucalyptus, corn, sugar cane and pastures. The last represents approximately 50% of the sub-basin area. Losses between 25 and 100 Mg ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup> are also in sites with conventional management of eucalyptus, sugar cane, pastures and coffee. Such data show that even in the class of correct capacity use, the absence of conservationist management leads to severe soil loss and degradation (Ayer et al., 2015).

The increase of inadequate areas vary in accordance with the planted culture. The system of use capacity established a maximum land use limit. When the adopted crop surpasses the limits established by the system of land use capacity, the area is defined as inadequate, and, in this case, the degradation processes tend to increase. However, the degradation level vary in accordance with management practices adopted in farming. Therefore, in order to reduce soil degradation, it is necessary to respect land use capacity in association with the best conservationist management techniques, considering the intrinsic aspects of soil, geology, relief, climate and legislation.

Figure 3 shows multi-temporal maps of soil use from 1986, 1996, 2006 and 2015, pointing out areas in conflict with the class of land use capacity. However, the adapted areas increased from 78.80 to 91.60% from 1986 to 2006, and, then decreased to 79.30% in 2015.

Latosols are clearly predominant in the sub-basin and present low natural fertility and low content of organic matter (Table 1). However, in the area where use is legal though inadequate, it is recommended the adoption of conservationist management practices and organic and/or chemical fertilization of the soil in order to improve productivity (Rigby and Cáceres, 2001). Currently, eucalyptus (Figure 3) is planted without conservationist management techniques, which accelerates the degradation processes, in areas adapted to the development of consortium plantations and reforestation. The same is observed in almost all temporary cultures in the study area.

Erosion rates vary depending on factors inherent to soil and environment. The factors are soil erodibility, rain erosivity, topography, and soils management (Mello et al., 2007).

Soil erodibility points out vulnerability or susceptibility to erosion, that is, a soil with high erodibility will suffer more erosion than one with low erodibility under the same conditions. Declivity in association with erodibility have large influence on soil loss (Silva et al., 1999; Silva et al., 2009). This is observed in the area by means of

soil loss above SLT limit for LVd3, which contributes with 87% of total erosion, where declivity in association with use and Latosols erodibility were critical in deepening erosion (Ayer et al., 2015).

In the study area, it was observed that the uses that most contribute to erosion were pasture areas and eucalyptus plantations, which were responsible for 51.30% and 21.80%, respectively, of total erosion. It is important to point out that pasture areas occupy 45% of the area and area degraded due to the absence of conservationist management practices, which contribute for the loss of soils quality and for the decrease of pastoral productivity.

When simulating conservationist management techniques for agropastoral activities at the hydrographic sub-basin, Ayer et al. (2015) found out that total contribution of erosion in pasture plots and eucalyptus plantations decreases to 8.50% and 0.20%, respectively. This illustrates the potential and advantages of agro ecological conservationist management techniques, as illustrated by Freitas et al. (2012).

The evaluation of soil use at the PPA shows the absence of areas with consolidate use, in accordance with the Forest Code (Brasil, 2012). Cultures established in PPA areas before 1998 were not identified in 2006 and in 2008. Cultures after 1998 were replaced with different ones and, even coffee, a permanent crop, was not identified for a period of over 10 years. Such areas, as per the forest code, are illegally occupied and should be recovered as permanent preservation areas.

The PPA map shows that areas predicted in the forest code are not thoroughly observed on the edges of Córrego Pedra Branca. Currently, 60% of the PPA are in accordance with legislation and 40% are not. They are used for pasture areas, urban areas, and coffee and eucalyptus plantations. Studies carried out by Silva et al. (2013) at the sub-basin of Posses, in Extrema, MG, presents 11% of its lands with use below capacity, 12% with use above capacity, 58% within the correct classification, 18% as PPA and 1% as roads.

PPA, according to Brasil (2012), have the ecological role of protecting native forest from erosion, avoiding sedimentation of water bodies, promoting geologic stability and giving support to the development of biodiversity. Ecosystem services offered by forest fragments in PPA are essential to keep environment ecologically balanced, and, therefore, should be recovered as per pertinent legislation. According to McGregor (1976) and Ricketts et al. (2008), pollination services are responsible for up to 70% of world agricultural productivity. In the region, it is

necessary a minimum of 25% of native forest for the maintenance of ecosystem services, as, for instance, insect pollination (Raniero, 2013).

In 2015, the study area had 11% of native forest (Table 3), far behind the minimum limit of 20% required by the Legal Reserve (Brasil, 2012) and the minimum of 25% of native forest for the offer of pollination ecosystem services. However, in accordance with the SOS Mata Atlântica and INPE (2012), Alfenas-MG municipality presents less than 7% of native forests. Thus, though the study area presents native vegetal cover larger than

that of the municipality, it does not grant ecosystem and environment services since, for that, fragments should have a minimum area of 50 ha (SOS Mata Atlântica and INPE, 2012).

This situation is worsened by the use of agrochemical products that affect pollinators and may have a negative effect on the average agropastoral productivity of the region (Londres, 2011).

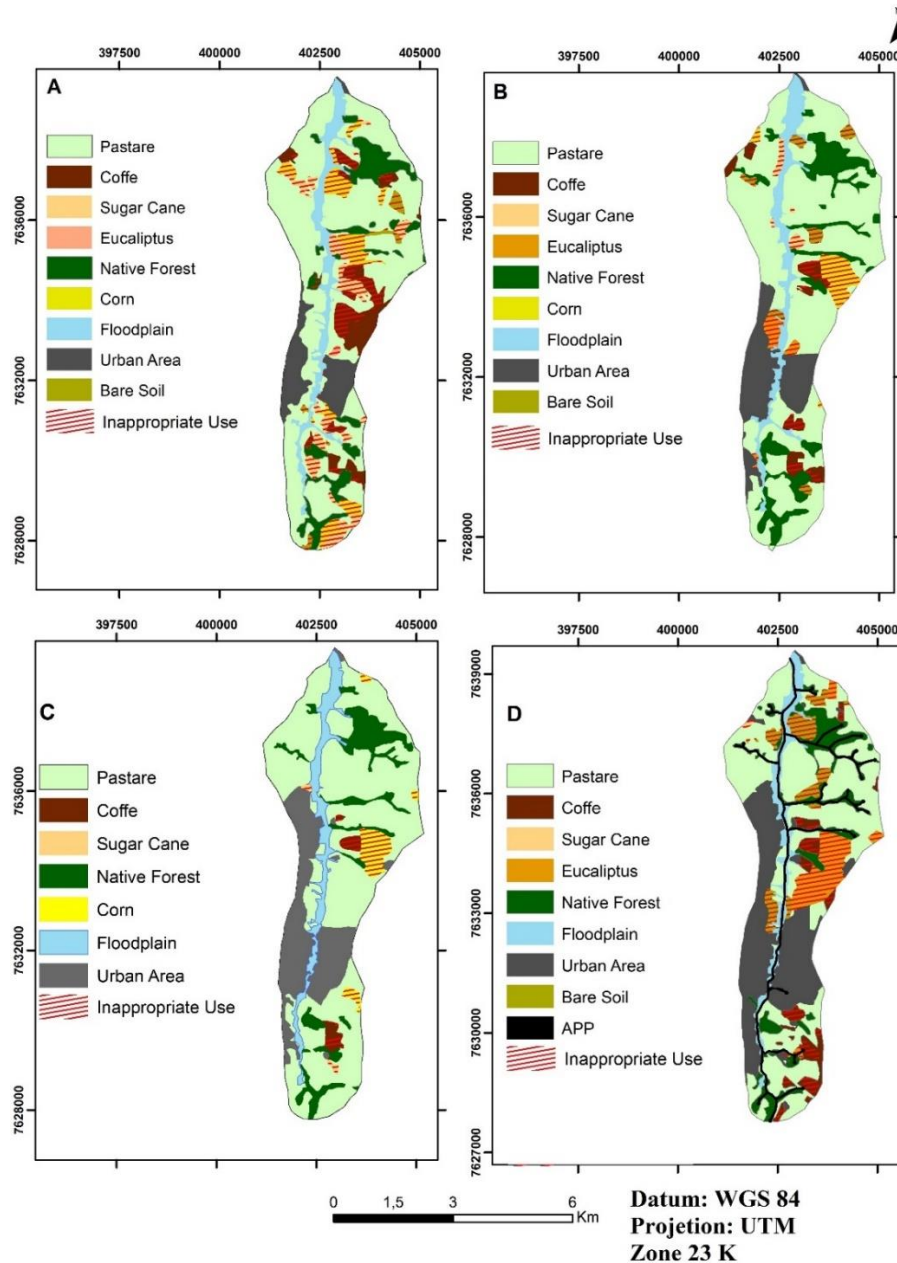


Figure 3. Temporal evolution maps showing adaptation of land use at the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca, Alfenas – Minas Gerais: A) 1986; B) 1996; C) 2006 e D) 2015.

Studies by Townsend, Begon and Harper (2006) showed that the shape of fragments affects the quality of native forests. Deforestation of fragments leads to the increase of border effect causing negative effect on biodiversity, species dispersion, genetic diversity and on the ecosystem services offered by fragments such as temperature attenuation, soils and water preservation, with the possibility of causing native species extinction and of favoring the dispersion of exotic species. In 2015, it was observed 290 ha (Table 3) of native forest at the sub-basin. However, these are mainly sparse, small fragments with no connectivity, which hampers the offer of environment and ecosystem services and the agropastoral activity. PPA recovery would contribute to the reduction of forest fragmentation, favoring species genetic flow and increasing quality and quantity of ecosystem services offered by nature, mainly those related to soil and water preservation.

Ecosystem services may be classified as: 1) regulating, when it regulates climate, diseases and water, erosion and pollination; 2) provisioning, when it offers food, fresh water, wood, fibers, biochemical and genetic resources; and, 3) cultural, when it offers recreation, leisure, scenic beauty, education, place feeling, besides supporting services as soil formation, nutrients cycling and primary production, among other benefits. However, the current use configuration in the study area severely compromises those ecosystem services. Therefore, agroecology is a profitable alternative to reach a sustainable agropastoral activity since it conciliates economic development, soil, water and biodiversity preservation, and also contributes to the effectiveness of ecosystem services.

## Conclusions

1. Soils from the hydrographic sub-basin of Córrego Pedra Branca present low contents of organic matter and low natural fertility, besides being susceptible to water erosion. Thus, these soils are indicated for permanent crops, pasture and preservation of fauna, flora, soils and waters.

2. The adoption of conservationist management techniques could increase agropastoral productivity. Direct seeding techniques and in contour lines, green fertilization, crops rotation, establishment of agroforestry systems and rotation grazing system could reduce negative agropastoral impacts.

3. Data show that agroecology is a real possibility for the improvement of biodiversity, by

increasing the number of wild fruit species and natural attraction of fauna, promoting the development of ecosystem services and the ecological balance, besides preserving soil and water.

4. Landscape fragmentation associated with the absence of management in agropastoral activities hamper the offer of environment and ecosystem services and increase the degradation process, mainly those related to soil loss due to water erosion. Thus, the application of the land use capacity system is an alternative to improve the quality of environment services, provided it conciliates agropastoral production with conservationist management.

## Acknowledgement

Special thanks to CAPES for the scholarship, and to the Department of Soil Sciences, Universidade Federal de Lavras, for the technical support.

## Reference

- ABRAF. Associação Brasileira De Produtores De Florestas Plantadas, 2012. Anuário Estatístico da ABRAF: ano base 2011. Brasília.
- Ayer, J.E.B., Olivetti, D., Silva, M.L.N., Mincato, R.L., 2015. Erosão hídrica em Latosolos vermelhos distróficos. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 45, 180-191.
- CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente, 2006. Resolução CONAMA nº 37, de 29 de Agosto publicado no Diário Oficial da União, de 29 de Agosto. Disponível: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res06/res37506.pdf>. Acessado: 26 set. 2016.
- BRASIL, 2012. Lei nº 12651, de 25 de Maio.
- Cunha, C.M.L., Pinton, L.G., 2012. Avaliação da capacidade de uso das terras na bacia hidrográfica do córrego do cavalheiro – Analândia, SP. *Revista Geociências* 31, 459-471.
- Coelho, M. R., Fontana, A., Monteiro, J. M. G., Goulart, A. C., Tanizaki-Fonseca, K., Costa, M. M., 2011. Estoque de carbono orgânico

- do solo sob floresta e pastagem no município de São José de Ubá, Estado do Rio de Janeiro, 1 ed. Embrapa solos: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento. Rio de Janeiro.
- Dale, V. H., Polasky, S., 2007. Measures of the effects of agricultural practices on ecosystem services. *Ecological Economics* 64, 286-296.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuária, 2013. Sistema brasileiro de classificação de solos, 3 ed. CNPS – Centro Nacional de Pesquisas de solos, Rio de Janeiro.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisas Agropecuária, 2011. Manual de métodos de análise de solos, 2 ed. Embrapa Solos: Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, Rio de Janeiro.
- FEAM. Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2010. Mapa de Solos do Estado de Minas Gerais. Escala 1:500.000. Disponível: [www.dps.ufv.br/?area=mapa\\_solos](http://www.dps.ufv.br/?area=mapa_solos)> Acesso: 10 aug. 2015.
- Freitas, D.A.F., Silva, M.L.N., Castro, N.E.A., Cardoso, D.P., Dias, A.C., Carvalho, G.J., 2012. Modelagem da proteção do solo por plantas de cobertura do sul de Minas Gerais. *Agroambiente* 6, 117 – 123.
- Fundação SOS Mata Atlântica, INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2013. Atlas dos Municípios da Mata Atlântica – período 2011-2012. São José dos Campos.
- Giboshi, M.L., Rodrigues, L.H.A., Lombardi Neto, F., 2006. Sistema de suporte à decisão para recomendação de uso e manejo da terra. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10, 861-866.
- Gliessman, S.R. 2000. Agroecologia, processos ecológicos em agricultura sustentável. Editora Universidade, Porto Alegre.
- Hasui, Y., 2010. A grande colisão pré-cambriana do Sudeste Brasileira e a estruturação regional. *Revista Geociências* 20, 141-169.
- Lespch, I.F., Espindola, C.R., Filho, O.J.V., Hernani, L.C., Siqueira, D.S., 2015. Manual para levantamento utilitário e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas.
- Londres, F., 2011. Agrotóxicos no Brasil: um guia para ação em defesa da vida, 1ed. Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa, Rio de Janeiro.
- Macgregor, S.R., 1976. Insect pollination of cultivated crop plants, 1 ed. Agriculture Handbook, Washington.
- Macfadyen, S., Cunningham, S. A., Costamagna, A. L., Schellhorn, N. A., 2012. Management ecosystem services and biodiversity conservation in agricultural landscapes: are the solutions the same? *Journal of Applied Ecology* 4, 690–694.
- Mello, C.R., Sá, M.A.C., Curi, N., Mello, J.N., Viola, M.R., Silva, A.M., 2007. Erosividade mensal e anual do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 42, 537-545.
- Mendonça, I.F.C., Lombardi Neto, F., Viégas, R.A., 2006. Classificação da capacidade de uso das terras da Microbracia do Riacho Uma, Sapé, PB. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 10, 888-895.
- Olivetti, D., Mincato, R.L., Ayer, J.E.B., Silva, M.L.N., Curi, N., 2015. 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 Agrotecnologia* 39, 58-67.
- Pacini, C., Wossink, A., Giesen, G., Vazzana, C., HUIRNE, R., 1989. Evaluation of sustainability of organic, integrated and conventional farming systems: a farm and field-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and environment* 1, 273-288.
- Parron, L.M., García, J.R., De Oliveira, E.B., BROWN, G., PRADO, R.B., 2015. Serviços ambientais em sistemas agrícolas e florestais do Bioma Mata Atlântica, 1ed. Empresa de Pesquisa Agropecuária, Brasília.
- Raniero M., 2013. O efeito da paisagem na subtribo de abelhas Euglossina (*Hymenoptera: Apidae*). Dissertação (Mestrado). Alfenas, UNIFAL-MG.

- Ricketts, T.H., Daily, G.C., Herlich, P.R., Michener, C.D., 2004. Economic value of tropical forest to coffee production. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101, 12579-12582.
- Rigby, D., Cáceres, D., 2001. Organic Farming and sustainability of agricultural systems. *Agricultural Systems*, 68, 21-40.
- Ronquim, C.C., 2010. Conceitos de fertilidade e manejo adequado para regiões tropicais, 1 ed. Embrapa Monitoramento por Satélite, Rio de Janeiro.
- Silva, M.L.N., Curi, N., Lima, J.M., Ferreira, M.M., 1999. Avaliação de métodos indiretos de determinação da erodibilidade de Latosolos Brasileiros. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35, 1207-1220.
- Silva, M.A., Freitas, D.A.F., Silva, M.L.N., Oliveira, A.H., Lima, G.C., Curi, N., 2013. Sistema de informações geográficas no planejamento de uso do solo. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 8, 316-323.
- Silva, M.S., Silva, M.L.N., Curi, N., Avanzi, J.C., Ferreira, M.M., 2009. Erosividade da chuva e erodibilidade de Cambissolo e Latossolo na região de Lavras, sul de Minas Gerais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 33, 1811 – 1820.
- Silva, M. S., 2016. Indicadores de sustentabilidade para a gestão do manancial de abastecimento público de Oliveira, MG. Tese (Doutorado). Lavras, UFLA-MG.
- Sparovek, G., Van Lier, Q.J., Dourato Neto, D., 2007. Computer assisted Köppen climate classification: case study for Brazil. *International Journal Climatology* 27, 257-266.
- Townsend, C.R., Begon, M., Harper, J.L. 2006. *Fundamentos em Ecologia*, 2 ed. Bookman, Porto Alegre.