

RODRIGO PRAES DE ALMEIDA

**USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE
ASSENTAMENTOS RURAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Produção Vegetal do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal.

Área de concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof^a. Dr^a. Leidivan Almeida Frazão

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Cristina Rodrigues Nascimento

MONTES CLAROS - MG
2016

A447u Almeida, Rodrigo Praes.
2016

Uso e ocupação do solo em áreas de assentamentos rurais no norte de Minas Gerais / Rodrigo Praes de Almeida. Montes Claros: Universidade Federal de Minas Gerais, 2016.

85 f.: il.

Dissertação (mestrado) - Área de concentração em Produção Vegetal, Universidade Federal de Minas Gerais / Instituto de Ciências Agrárias.

Orientadora: Prof.^a Leidivan Almeida Frazão.

Banca examinadora: Luiz Arnaldo Fernandes, Marcos Esdras Leite, Cristina Rodrigues Nascimento, Leidivan Almeida Frazão.

Inclui referências: f. 76-85.

1. Cerrado. 2. Classificação de imagens. 3. Degradação Ambiental. I. Frazão, Leidivan Almeida. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Instituto de Ciências Agrárias. III. Título.

CDU: 316.5

ELABORADA PELA BIBLIOTECA COMUNITÁRIA UNIVERSITÁRIA DO
ICA/UFMG

RODRIGO PRAES DE ALMEIDA

USO E OCUPAÇÃO DO SOLO EM ÁREAS DE
ASSENTAMENTOS RURAIS NO NORTE DE MINAS GERAIS

Prof^a. Dr^a. Leidivan Almeida Frazão
(Orientadora – ICA/UFMG)

Aprovada em 16 de dezembro de 2015.

MONTES CLAROS - MG
2016

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a um templo sagrado chamado Gruta da Mangabeira, Ituaçu-BA, e ao meu irmão Max Bethoven (in memoriam), que, mesmo não estando presente fisicamente, sei que sopra aos meus ouvidos sussurros de força e persistência!

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, o meu Grande Arquiteto do Universo, pela saúde, dom da vida que me foi concedido e por estar comigo, como sempre, em mais essa trajetória.

À música, fenômeno que me fez e faz descobrir além do que meus olhos podem observar.

Aos meus pais, à minha família, e à minha esposa, por acreditarem em meus sonhos, me dando apoio incondicional nesta etapa em minha vida.

À professora Dr^a. Leidivan Almeida Frazão, pela orientação, ensinamentos e contribuição para minha formação profissional.

Aos colegas de mestrado, em especial à Fabíola Mendes Braga, por toda ajuda e apoio.

À Universidade Federal de Minas Gerais, por conceder a oportunidade, bem como a todos os professores e funcionários que contribuíram para a minha formação.

À CAPES, pelo financiamento da bolsa de estudo.

Muito obrigado !

*"A sabedoria de um mestre está
na humildade em aprender".
"A curiosidade é mais importante
do que o conhecimento".*

Albert Einstein

RESUMO

As mudanças ambientais decorrentes das atividades humanas têm ocorrido desde os séculos XIX e XX, com aumento das taxas de uso e ocupação inconciliáveis com a capacidade suporte dos ecossistemas naturais. Assim, o ambiente foi modificado e, conseqüentemente, ocorreram diversas transformações. Há inúmeras discussões no âmbito da reforma agrária e da viabilidade econômica e ambiental dos assentamentos rurais. Dessa forma, o objetivo deste estudo é comparar o uso e a ocupação dos solos em áreas de assentamentos na região norte do Estado de Minas Gerais, nos anos de 2003 e 2014, e avaliar os atributos químicos do solo após onze anos de utilização das áreas para produção agrícola. Os assentamentos selecionados foram Paco Paco, Poço da Vovó e Bom Sucesso, localizados nas cidades de Pirapora, Jaíba e Verdelândia, respectivamente. Um banco de dados foi criado para as análises espaciais das imagens e, posteriormente, foi feita a seleção das áreas de interesse através das imagens dos satélites Landsat 5 e Landsat 8, sensores TM e OLI, respectivamente. Por fim, foi realizada a classificação supervisionada, sendo utilizado o algoritmo classificador *Bhattacharya*, presente no programa utilizado no estudo, o Spring 5.3. Assim, os mapas temáticos de uso e ocupação do solo para comparação entre os anos avaliados, sendo possível atribuir três classes no treinamento da classificação (vegetação nativa, culturas e solo exposto). Paralelamente, foi realizada uma coleta de solo em cada classe de uso da terra e determinados os atributos químicos com o pH, Ca, Mg, K, P, Al, H+Al, SB, t, T, m e V em duas profundidades de solo (0-20 e 20-40 cm). Os resultados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), com auxílio do programa R. O assentamento Bom Sucesso teve um decréscimo de 68 ha nas áreas de vegetação nativa, com acréscimos de 10,2 ha nas áreas de culturas e 56,3 ha nas áreas de solo exposto. O assentamento Paco Paco apresentou um decréscimo de 171 ha na área de vegetação nativa e aumentos de 60,3 ha nas áreas de culturas e 23,5 ha nas áreas de solo exposto. O assentamento Poço da Vovó teve um decréscimo de 911,5 ha na área de vegetação nativa, um aumento de 12,6 ha nas áreas de culturas e 657,6 ha nas áreas de solo exposto. Na análise da acurácia da classificação, foi observado um Índice Kappa satisfatório para os assentamentos analisados, sendo, portanto, qualificados para realização de análises ambientais. De acordo com os resultados obtidos, é possível inferir que os assentamentos rurais tiveram significativa mudança no uso do solo no intervalo de 11 anos. A fertilidade do solo melhorou na camada superficial (0-20 cm) das áreas ocupadas com culturas e que foram bem manejadas. Os indicadores utilizados neste trabalho poderão ser utilizados como modelo para avaliação de solos de áreas de assentamentos rurais na região norte do Estado de Minas Gerais.

Palavras-chave: Cerrado, Classificação de imagens, Degradação ambiental, Fertilidade do solo, Manejo do solo.

ABSTRACT

The environmental changes resulting from human activity have occurred since the nineteenth and twentieth century's, with increasing usage rates and occupancy irreconcilable with the carrying capacity of natural ecosystems, as well the environment is changed, and consequently, the various transformations occurred. There are numerous discussions on the scope of the agrarian reform and the economic and environmental viability of rural settlements. Thus, the aim of this study was to compare the use and occupation of land in settlement areas in the North region of the Minas Gerais State in 2003 and 2014 and evaluate the soil chemical properties after eleven years of use of areas Agricultural production. The settlements were selected *Paco Paco*, *Poço da Vovó* and *Bom Sucesso*, located in the cities of Pirapora, Jaíba and Verdelândia, respectively. A database was created for the spatial analysis of the images, it was later made the selection of areas of interest through the images of Landsat 5 and Landsat 8 satellite, TM and OLI sensors, respectively, and finally was held supervised classification which was used Bhattacharya classifier algorithm, the program used in this study Spring 5.3. Thereby, they were generated thematic maps of land use and occupation to compare the evaluated years, it was possible to assign 3 classes in the classification training (native vegetation, crops and soil exposed). Alongside a soil sample was collected in each land use class and certain chemical attributes with pH, Ca, Mg, K, P, Al, H+Al, SB, t, T, m and V in 2 soil depths (0-20 e 20-40cm). These results were submitted to analysis of variance and treatment means were compared by Tukey test ($p < 0,05$) using the R program. The settlement *Bom Sucesso* had a decrease of 68 ha in the areas of vegetation native, an increase of 10,2 ha in the areas of crop and 56,3 ha in the areas of exposed soil. The *Paco Paco* settlement had a decrease of 171 ha in the area of native vegetation and an increase of 60,3 ha in the areas of crop and 23,5 ha in the areas of exposed soil. The *Poço da Vovó* settlement had a decrease of 911,5 ha in the area of native vegetation, an increase of 12,6 ha in the areas of crop and 657,6 ha in the areas of exposed soil. On the accuracy of the classification analysis, it was observed a satisfactory Kappa index for the settlements analyzed, and therefore qualified to perform environmental analysis. According to the obtained results it can be inferred that rural settlements had significant change in land use in the range of 11 years. Soil fertility improved the topsoil (0-20 cm) of the areas occupied by crops and were well managed. The indicators used in this study may be used as a model for the evaluation of soil areas of rural settlements in the north region of the Minas Gerais.

Keywords: *Cerrado*, Image classification, Environmental degradation, Soil fertility, Soil management.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Ocupações de terras por municípios no Estado de Minas Gerais, 1990-2008.....	23
FIGURA 2 – Espectro eletromagnético.....	24
FIGURA 3 – Representação esquemática da interação da REM e obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto.....	26
FIGURA 4 - Localização dos assentamentos nos municípios de Jaíba, Pirapora e Verdelândia no Norte do Estado de Minas Gerais.....	36
FIGURA 5 - Mapa de localização do Assentamento Bom Sucesso na zona rural do município de Verdelândia (MG).....	37
FIGURA 6 - Mapa dos tipos de solos presentes no Assentamento Bom Sucesso, localizado em Verdelândia (MG).....	39
FIGURA 7 - Mapa de localização do Assentamento Paco Paco na zona rural do município de Pirapora (MG).....	40
FIGURA 8 - Mapa dos tipos de solos presentes no Assentamento Paco Paco, localizado em Pirapora (MG).....	42
FIGURA 9 - Mapa de localização do Assentamento Poço da Vovó na zona rural do município de Jaíba (MG).....	43
FIGURA 10 - Mapa dos tipos de solos presentes no Assentamento Poço da Vovó localizado em Jaíba (MG).....	45
FIGURA 11 - Fluxograma da metodologia aplicada para levantamento do uso e ocupação do solo em áreas de assentamentos rurais localizados no Norte do Estado de Minas Gerais.....	46
FIGURA 12 – Trado holandês utilizado nas coletas.....	51
FIGURA 13 - Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Bom Sucesso no município de Verdelândia (MG), no ano de 2003.....	54
FIGURA 14 - Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Bom Sucesso no município de Verdelândia (MG), no ano de 2014.....	55

FIGURA 15 - Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Paco Paco no município de Pirapora (MG), no ano de 2003.....	56
FIGURA 16 - Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Paco Paco no município de Pirapora (MG), no ano de 2014.....	57
FIGURA 17 - Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Poço da Vovó no município de Jaíba (MG), no ano de 2003.....	58
FIGURA 18 - Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Poço da Vovó no município de Jaíba (MG), no ano de 2014.....	59
GRÁFICO 1 - Áreas (hectares) representadas pela classe Vegetação Nativa, entre os anos de 2003 e 2014, nos Assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, (MG).....	61
GRÁFICO 2 - Áreas (hectares) representadas pela classe Culturas (área agrícola), entre os anos de 2003 e 2014, nos Assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, (MG).....	62
GRÁFICO 3 - Áreas (hectares) representadas pela classe Área de Solo Exposto, entre os anos de 2003 e 2014, nos Assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, Minas Gerais.....	62
QUADRO 1 - Políticas de formas na obtenção de Assentamentos Rurais em Minas Gerais (1985-2011)	22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Características e principais aplicações das bandas do satélite Landsat 5.....	28
TABELA 2 - Características das imagens do satélite Landsat 8.....	29
TABELA 3 – Valores de Índice Kappa.....	34
TABELA 4 – Características químicas dos diferentes tipos de solo (Horizonte A) no Assentamento Bom Sucesso, município de Verdelândia (MG).....	38
TABELA 5 – Características químicas dos diferentes tipos de solo (Horizonte A) no assentamento Paco Paco, município de Pirapora (MG).....	41
TABELA 6 – Características químicas dos diferentes tipos de solo (Horizonte A) no assentamento Poço da Vovó, município de Jaíba (MG).....	44
TABELA 7 - Dados das imagens dos satélites Landsat 5 e 8 utilizadas para análise e classificação dos assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba (MG).....	47
TABELA 8 - Definição das Classes de Uso e Ocupação do Solo.....	49
TABELA 9 – Áreas de coletas para amostragem do solo de acordo com o uso e ocupação nos assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba (MG).....	52
TABELA 10 – Acurácia dos resultados das classificações realizadas nos assentamentos de Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, (MG).....	65
TABELA 11 – Acurácia do resultado da classificação nas classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2003 e 2014 no Assentamento Bom sucesso, localizado no município de Verdelândia, (MG).....	66
TABELA 12 – Acurácia do resultado da classificação nas classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2003 e 2014 no Assentamento Paco Paco, localizado no município de Pirapora, (MG).....	66
TABELA 13 – Acurácia do resultado da classificação nas classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2003 e 2014 no Assentamento Poço da Vovó localizado no município de Jaíba, (MG).....	67

TABELA 14 – Valores de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) em duas profundidades do solo nas classes de uso do solo do Assentamento Bom Sucesso, Verdelândia (MG).....69

TABELA 15 – Valores de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) em 2 profundidades do solo nas classes de uso do solo do Assentamento Paco Paco, Pirapora (MG).....70

TABELA 16 – Valores de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) em 2 profundidades do solo nas classes de uso do solo do Assentamento Poço da Vovó, Jaíba (MG).....72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

FAO – *Food and Agriculture Organization*

GLS – *Global Land Survey*

INCRA – Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

LANDSAT – *Land Remote Sensing Satellite*

MO – Matéria Orgânica

MOS – Matéria Orgânica do Solo

NASA - *National Aeronautics and Space Administration*

OLI – *Operational Land Imager*

PDA – Plano de Desenvolvimento do Assentamento

REM – Radiação Eletromagnética

SIG – Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS – Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

Spring – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas

SR – Sensoriamento Remoto

TIRS – *Thermal Infrared Sensor*

TM – *Thematic Mapper*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	15
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1 Degradação dos solos.....	18
2.2 Uso e Ocupação do solo	20
2.3 Assentamentos Rurais em Minas Gerais.....	21
2.4 Princípios do Sensoriamento Remoto.....	23
2.5 A série de satélites Landsat	27
2.6 Comportamento espectral da vegetação	30
2.7 Classificação Digital de Imagens	31
2.8 Avaliação da Acurácia da Classificação: Índice Kappa	32
3 MATERIAL E MÉTODOS	35
3.1 Seleção das áreas de estudo.....	35
3.2 Histórico dos assentamentos analisados.....	36
3.2.1 Assentamento de Bom Sucesso	36
3.2.2 Assentamento Paco Paco	40
3.2.3 Assentamento Poço da Vovó	42
3.3 Uso do Sensoriamento Remoto para levantamento do uso e ocupação do solo	45
3.3.1 Criação do banco de dados	46
3.3.2 Seleção e Aquisição das Imagens	47
3.3.3 Georreferenciamento das imagens.....	47
3.3.4 Recorte Espacial das Áreas de Interesse	48
3.3.5 Processamento digital das imagens	48
3.3.6 Definição das Classes de Uso e Ocupação do Solo	49
3.3.7 Índice Kappa	50

3.3.8	Elaboração das Cartas Temáticas	50
3.4	Amostragem do solo	51
3.5	Análise química do solo	52
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	53
4.1	Mudança do uso da terra após 11 anos de implantação dos assentamentos rurais	53
4.1.1	Assentamentos: Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó	53
4.2	Avaliação da acurácia da classificação de uso e ocupação do solo	65
4.3	Atributos químicos do solo nas diferentes classes de uso do solo	68
4.3.1	Assentamento Bom Sucesso	68
4.3.2	Assentamento Paco Paco	70
4.3.3	Assentamento Poço da Vovó	72
5	CONCLUSÃO	74
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76

1 INTRODUÇÃO GERAL

O ser humano é o principal ator da transformação do seu habitat, resultando em problemas e perdas das mais diversas proporções ao meio ambiente. Muitos desses danos são considerados irreversíveis, o que caracteriza o modelo de exploração dos recursos naturais do planeta.

De acordo com Fonseca e Fonseca (2012), as paisagens do nosso planeta estão sendo transformadas para satisfazer as necessidades da sociedade. Muitas dessas transformações podem provocar desequilíbrio nos ecossistemas, uma vez que existe uma inter-relação entre os recursos naturais, de modo que alterações ocorridas em um meio podem repercutir em outros. Dessa forma, não se pode considerar os recursos naturais como isolados, e sim associados aos outros componentes do meio ambiente.

Segundo Philippi Junior (2005), as deformações ambientais decorrentes das atividades humanas vêm acontecendo desde os séculos XIX e XX, com imposição de taxas inconciliáveis com a capacidade suporte dos ecossistemas naturais. Com o surgimento da agricultura, há cerca de 10 mil anos, o homem vem introduzindo diversas práticas, como a utilização das queimadas para retirada da vegetação. Dessa forma, o ambiente foi modificado e, conseqüentemente, ocorreram as poluições e diversas transformações.

Ferreira Neto *et al.* (2009) apontam alguns trabalhos sobre a eficiência da reforma agrária e da viabilidade econômica e social dos assentamentos rurais, assim como, nos últimos anos, as questões ambientais que abrangem a temática. No entanto, pouco ainda se sabe sobre a efetiva contribuição dos assentamentos para a alteração da dinâmica socioeconômica dos municípios onde estão situados. Os impactos ativos do processo de criação dos assentamentos ainda não foram efetivamente analisados. Isso ocorre porque a maioria dos trabalhos dedica-se apenas ao processo de organização da luta

pela terra ou, por outro lado, à dinâmica da organização produtiva nos projetos de assentamentos.

Segundo Diegues (1989), uma das formas de se obter um parâmetro de caracterização e avaliação ambiental parte da necessidade de incorporar a variável ambiental ao planejamento socioeconômico, visando à utilização mais adequada do espaço dos ecossistemas e de seus recursos, ou seja, a melhoria das condições de vida das populações e a conservação do patrimônio natural e cultural quanto ao uso e à ocupação do solo.

A partir do emprego de técnicas de sensoriamento remoto, muito utilizadas em análises ambientais na atualidade, o mapeamento é obtido através de técnicas de classificação digital de imagens de satélite. -Essa técnica consiste em extrair informações das imagens para denominar feições e objetos nelas presentes e mapear áreas da superfície terrestre que correspondem aos temas de interesse. A classificação de imagens é muito utilizada em pesquisas científicas, obtendo resultados satisfatórios com alto índice de acurácia. O algoritmo *Bhattacharya*, citado na literatura como um dos classificadores de melhor desempenho, é baseado em contexto de regiões, sendo necessária inicialmente a segmentação, em que é feita a separação e agrupamento dos *pixels* em regiões, para posteriormente avaliar a distância entre as classes (PELUZIO *et al.*, 2011 e OLIVEIRA *et al.*, 2011).

Para avaliar a qualidade dos solos nesses ambientes antropizados, pode-se utilizar os atributos químicos do solo, os quais são modificados de acordo com o uso e o manejo empregado nos ambientes de produção. As práticas e manejos inadequados têm levado os solos à degradação e, conseqüentemente, à perda de qualidade. Assim, a perda da qualidade do solo, mensurada por suas propriedades físicas, químicas e biológicas, é determinada pelas decisões de uso da terra, que está relacionada ao tipo de exploração de seus recursos e práticas de manejo ali estabelecidas (DORAN e ZEISS, 2000).

Segundo Alvarenga e Davide (1999), o manejo do solo, aliado às práticas de adubação, correção e outras ações de manejo, visa a uma produção economicamente viável. Essas práticas de adubação e correção trazem alterações químicas na camada superficial do solo, frequentemente com volume proporcional ao emprego de máquinas nos sistemas. Essa intensidade de mecanização atua provocando alterações na estrutura do solo, interferindo nos mecanismos responsáveis pelo transporte de nutrientes e, por consequência, em sua disponibilidade. Sendo assim, vários elementos químicos podem auxiliar no diagnóstico de indicadores da qualidade do solo, como as determinações de pH, alumínio, cálcio, magnésio, potássio, enxofre, carbono orgânico, boro e manganês.

De acordo com Conceição *et al.* (2005), a matéria orgânica (MO) atua como um eficiente indicador para discriminar a qualidade do solo modificada por sistemas de manejo. Além da influência do manejo de culturas e preparo do solo, a MO é influenciada pela adição de fertilizantes químicos e materiais orgânicos, que atuam melhorando os processos biológicos de decomposição e mineralização.

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi comparar o uso e a ocupação dos solos nos anos de 2003 e 2014 e avaliar os seus atributos químicos nos assentamentos rurais, Paco Paco, Bom Sucesso e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Pirapora, Verdelândia e Jaíba, respectivamente, na região Norte do Estado de Minas Gerais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Degradação dos solos

A degradação do solo é um dos problemas graves que a população mundial precisa combater atualmente. De acordo com Kobiyama *et al.* (2001), as principais causas dessa degradação têm sido o desmatamento, o manejo inadequado da agricultura, o superpastejo, o cultivo agrícola para produção de biocombustíveis e a atividade industrial.

Um solo degradado pode ser ocasionado por fatores químicos (perda de nutrientes, acidificação e salinização), físicos (perda de estrutura e diminuição da permeabilidade) ou biológicos (diminuição de matéria orgânica) (ABDO, 1999). Em se tratando da agricultura, as principais causas de degradação são a retirada da mata, a implantação de campos de pastagens com o uso e aplicações inadequadas de insumos, onde o solo não fornece nutrientes suficientes para o desenvolvimento da vegetação, aliada à manutenção de carga excessiva de animais e ao manejo inadequado dos solos sem o uso de práticas conservacionistas (GRIFFITH e DIAS, 1998).

O crescimento populacional, com aumento na demanda por alimentos e matérias-primas, provoca a exploração extrativista descontrolada dos recursos naturais do planeta, causando sérios prejuízos ambientais. A exploração agrícola contribui para a degradação dos recursos naturais por meio de ações antrópicas tais como desmatamento, erosão do solo, uso de agroquímicos e práticas irregulares (SIQUEIRA *et al.*, 1994).

No Brasil, as regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas são as áreas mais atingidas com o problema da degradação. Esse fenômeno é caracterizado pela redução ou perda da produtividade biológica ou econômica de uma área, provocada por perturbações de natureza física, química ou biológica, devido ao processo de antropização (PAN-BRASIL, 2004).

O norte do Estado de Minas Gerais possui clima semiárido, com temperaturas elevadas, irregularidade das chuvas (com a ocorrência de até nove meses de seca). A região é enquadrada em faixas que variam de semiúmido a semiárido, apresentando diversidade de formações vegetais típicas, onde uma pequena parcela corresponde ao bioma da Caatinga. Este entra em contato ecossistêmico com o Cerrado. Aliado aos efeitos da seca, déficit hídrico e baixa fertilidade dos solos, soma-se o mau uso da terra, dentre outras causas, que tornam essas áreas inóspitas para o seu uso, caso contribuindo, em último caso, para o fenômeno da desertificação (PAE, 2010).

Também no norte do Estado, é comum a ocorrência de Floresta Estacional Decidual (Mata Seca), que, na estação seca, se assemelha com a Caatinga arbórea, com predomínio de árvores caducifólias, ocorrendo a queda de folhas nessa estação. Aparece em áreas restritas, assim como na região citada (RIZZINI, 1963).

A Mata Seca está entre as mais ameaçadas de todos os principais habitats de floresta tropical de terra baixa. Em todo o território nacional onde ainda se encontra, essa vegetação florestal está bastante fragmentada, principalmente devido ao desmatamento para formação de pastagens e, conseqüentemente, para o comércio ilícito de carvão da madeira nativa (SAMPAIO, 2001).

Segundo Favero (2001), a região norte de Minas Gerais apresenta condições edafoclimáticas e culturais que favorecem a aceleração dos processos erosivos. Em função disso, acredita-se que os solos da região são os mais degradados do Estado, tornando imprescindível a sua recuperação.

2.2 Uso e Ocupação do solo

Segundo Sebusiani e Bettine (2011), o pleno exercício da cidadania pela sociedade decreta uma postura crítica diante dos fatos adjuntos ao uso dos recursos e ocupação dos espaços terrestres. É possível utilizar o espaço geográfico como recurso de gestão ambiental, desde que as decisões sobre a ordenação territorial influenciem decisivamente a melhoria da relação sociedade/espaço. O mapeamento das informações é um recurso muito utilizado para tornar mais evidentes os padrões de uso e ocupação dos espaços.

A visualização dos fatos no espaço melhora a inclusão das interações existentes e aponta as ações imprescindíveis em contato direto com a realidade. Cada localidade tem suas peculiaridades, então são de extrema importância as representações cartográficas na visualização e interpretação dos aspectos necessários ao planejamento ambiental e apontamento dos usos do solo. Essas representações cartográficas mostram a realidade resumida em um modo visual (SEBUSIANI e BETTINE, 2011).

De acordo com Mota (2008), uma das formas de se obter um parâmetro de uma determinada situação ambiental quanto ao uso e à ocupação do solo é por meio do uso das técnicas de sensoriamento remoto. Esse mapeamento é caracterizado pelos usos da terra e suas ocupações, a fim de se determinar classes para caracterizar tal questão. A técnica aplicada em imagens com intuito de se obter o uso e a ocupação do solo é uma importante ferramenta, altamente utilizada para conhecer as mudanças que ocorrem na paisagem, permitindo a obtenção de informações que fomentem a construção de cenários ambientais e de indicadores, como subsídios de avaliação da capacidade de suporte ambiental, com um mapeamento na interpretação técnico-visual de características de ocupação e uso que uma determinada região apresenta. Esses mapeamentos podem ser abrangentes ou específicos, identificando diferentes tipos, tamanhos e tendências

ocupacionais. Assim, é possível direcionar práticas conservacionistas aliadas ao manejo adequado com um conjunto de diferentes estratégias empregadas, visando à sustentabilidade da região estudada (SANTOS e SANTOS, 2010).

2.3 Assentamentos Rurais em Minas Gerais

De acordo com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), os assentamentos são um conjunto de unidades agrícolas independentes entre si instaladas pelo INCRA, originalmente pertencente a um único proprietário. Cada uma dessas unidades, chamadas de lotes ou glebas, é entregue pelo INCRA às famílias sem condições econômicas para adquirir e manter um imóvel rural por outras vias. Os assentados que recebem os lotes comprometem-se a morar na parcela e explorá-la para seu sustento, utilizando exclusivamente a mão de obra familiar. Existem 9.256 assentamentos em todo o país, ocupando uma área de 88.314.857 hectares (INCRA, 2015).

Segundo o Banco de Dados da Luta pela Terra (DATALUTA, 2011), no Estado de Minas Gerais, as áreas passíveis de assentamentos decorrem de remanescentes quilombolas, concentrando-se principalmente na região norte do Estado. A delonga do governo federal em proceder a titulação de suas terras foi uma das razões que determinaram a união das comunidades quilombolas em busca da garantia de seus direitos.

O Estado de Minas Gerais é o quarto com o maior número de ocupações de terras, com 600 ocorrências. O Quadro 1 apresenta as formas de obtenção de assentamentos rurais no Estado de Minas Gerais.

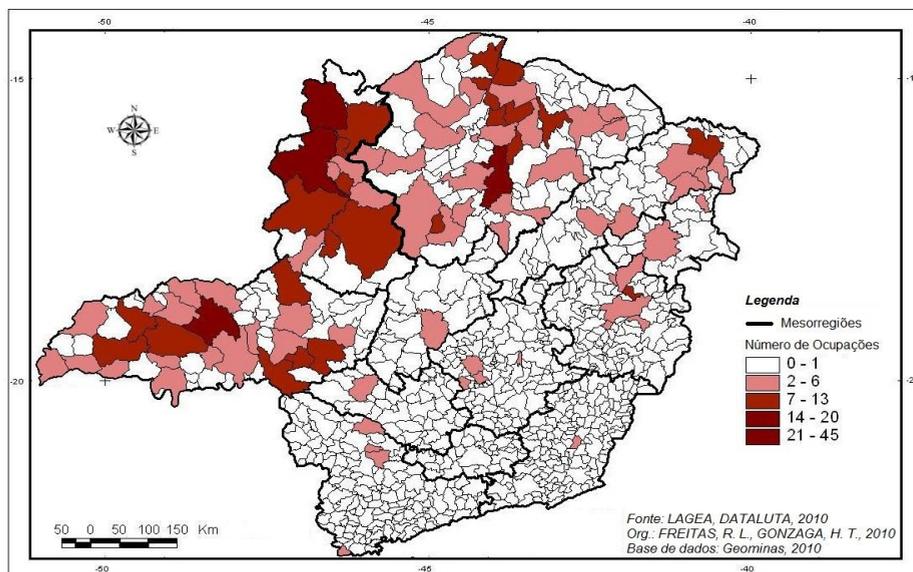
Quadro 1 – Políticas de formas de obtenção de Assentamentos Rurais em Minas Gerais (1985-2011).

Forma de Obtenção	Número de Assentamentos
Transferência	02
Doação	06
Compra	23
Regularização	55
Desapropriação	298
Total	384

Fonte: DATALUTA, 2011.

Segundo o DATALUTA (2010), os assentamentos rurais criados em Minas Gerais no período de 1985 a 2010 foram, em sua maioria, originados de desapropriação. As modalidades de compra, doação e transferência têm pouca influência na questão agrária no Estado mineiro, embora elas ainda sejam recentes. A maior concentração de ocupações está em três mesorregiões do Estado mineiro (Figura 1), que são o Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba, o Noroeste e o Norte de Minas, representando 82% do total de ocupações no Estado.

Figura 1 – Ocupações de terras por municípios no Estado de Minas Gerais, 1990-2008.



Fonte: LAGEA; DATALUTA, 2010.

Adap.: FREITAS, R. L., 2010; GONZAGA, H. T., 2008.

2.4 Princípios do Sensoriamento Remoto

Para caracterização das áreas, o Sensoriamento Remoto (SR), conforme Andrade (2008), tem sido um instrumento muito utilizado, pois se trata de uma tecnologia inovadora e eficiente, que utiliza sensores para aquisição de informações sobre objetos ou fenômenos sem que haja o contato direto entre eles.

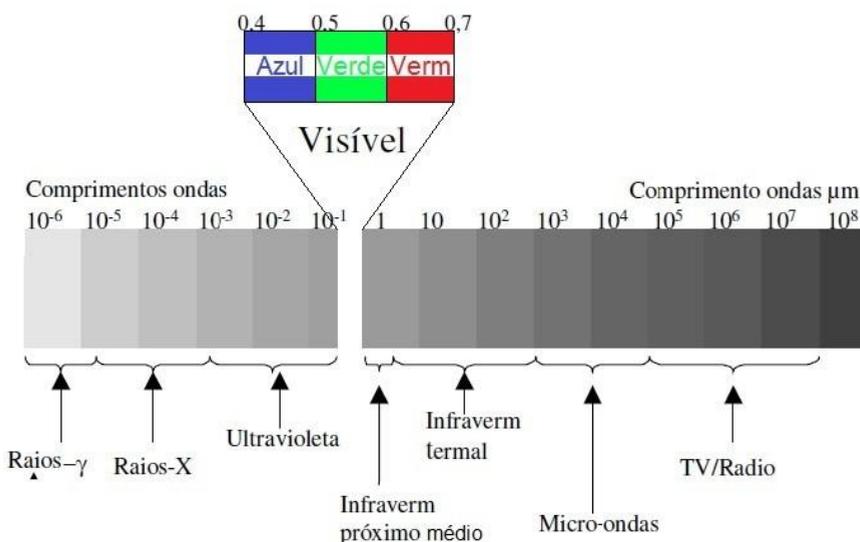
Segundo Maldonado *et al.* (2001), uma das ferramentas mais importantes para o monitoramento das mudanças de cobertura e uso do solo é o uso de imagens de satélites, pois sua resposta espectral tem importante influência na cobertura e uso do solo de regiões semiáridas. O SR tem se aperfeiçoado cada vez mais, e com o uso de técnicas mais apuradas no

tratamento de dados de satélite, tem merecido maior atenção, sobretudo no caso da Caatinga e do Cerrado, que refletem muitas variações intrínsecas do próprio local.

Segundo Liu (2006), os sensores são capazes de adquirir informações pela medição e detecção de mudanças que são impostas pelo objeto ao seu campo de redondeza, a partir da emissão de energias eletromagnéticas emitidas pela superfície do planeta. A aquisição de informações é geralmente baseada na captação de sinais eletromagnéticos que cobrem todo o espectro das ondas eletromagnéticas.

Florenzano (2011) afirma que o espectro eletromagnético representa toda a distribuição da radiação eletromagnética por regiões, de acordo com o comprimento de onda e a sua frequência. Esse espectro varia desde as radiações gama com comprimentos de onda da ordem de 10^{-6} μm até as ondas de rádio da ordem de 10^8 μm . (Figura 2).

Figura 2 – Espectro eletromagnético.



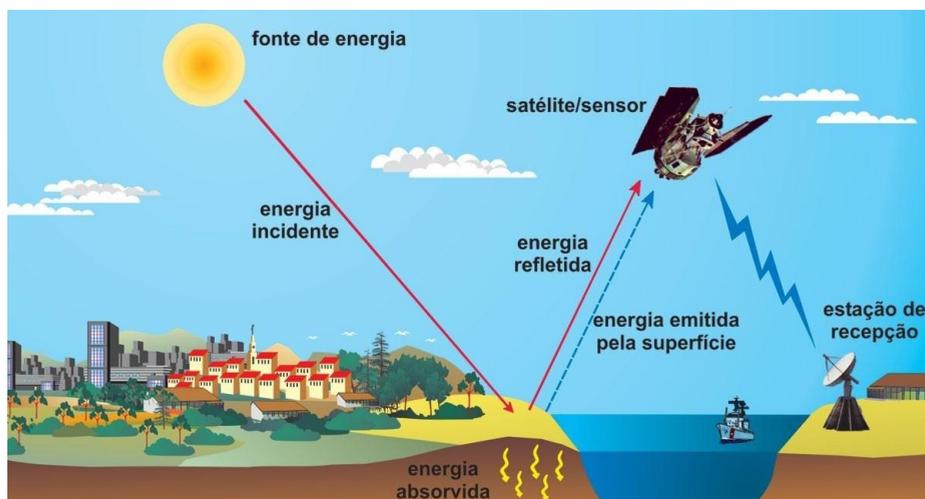
Fonte: FIGUEIREDO e VIEIRA, 2005.

O mapeamento do uso e da cobertura do solo é uma ferramenta importante para conhecer as mudanças que ocorrem na paisagem, permitindo a obtenção de informações que fomentem a construção de cenários ambientais e indicadores como subsídios de avaliação da capacidade de suporte ambiental. Dessa forma, é possível direcionar práticas conservacionistas aliadas ao manejo adequado com um conjunto de diferentes estratégias empregadas, visando à sustentabilidade da região estudada (SANTOS e SANTOS, 2010).

Conforme Novo (2002), os sensores consistem em equipamentos capazes de coletar energia proveniente do objeto, convertê-la em sinal passível de ser registrado e apresentá-lo de forma apropriada à extração de informações. Estas são obtidas por respostas da radiação eletromagnética do objeto, o qual informará ao satélite os valores espectrais, sendo posteriormente enviadas ao processamento de dados.

Segundo Novo (2002), SR é a utilização conjunta de modernos sensores e equipamentos para processamento de dados, com o objetivo de avaliar o ambiente através do registro e da análise das interações. O processo relaciona a Radiação Eletromagnética (REM) dos objetos, substâncias e diferentes alvos terrestres (Figura 3).

Figura 3 – Representação esquemática da interação da REM e obtenção de imagens por Sensoriamento Remoto.



Fonte: FLORENZANO, 2011.

O grande elo de ligação entre os objetos da superfície terrestre e os sensores remotos que os observam é a REM. Sendo assim, o entendimento sobre o funcionamento das interações entre a REM e as diferentes superfícies (rochas, solos, vegetação, água) constitui-se numa condição-chave para a interpretação dos dados coletados pelos diferentes sensores.

De acordo com Baumgardner *et al.* (1985), os solos têm o comportamento espectral e sofrem influência de diversos fatores, dentre os quais são citados como os mais importantes: a umidade, o teor da matéria orgânica, a textura, a cor, a capacidade de troca catiônica, o teor de óxidos de ferro e as suas condições de superfície. A textura, a mineralogia, a presença de óxidos de ferro e o conteúdo de matéria orgânica são considerados como características intrínsecas, enquanto os demais fatores são tratados como condições da superfície (DEMATTÊ *et al.*, 2000).

Segundo Madeira Neto (2001), a quantidade de energia refletida por um solo decorre de três fatores: a energia eletromagnética incidente, que

pode ser proveniente do sol, a quantidade de energia absorvida e a quantidade de energia transmitida. A assinatura espectral do solo depende diretamente de sua composição química, física, biológica e mineralógica, sendo que os principais componentes que afetam seu comportamento espectral são a matéria orgânica e os óxidos de ferro.

2.5 A série de satélites Landsat

A série *Land Remote Sensing Satellite* (Landsat) iniciou seus trabalhos em 1972 com o lançamento da série Landsat 1, tendo como sequência o lançamento dos Landsat 2, 3, 4 e, sobretudo, com os Landsat 5 e 7. O principal objetivo do sistema Landsat foi o mapeamento multiespectral em alta resolução da superfície da Terra. Esse é o sistema orbital mais utilizado no Brasil para Monitoramento por Satélite no mapeamento da dinâmica espaço-temporal do uso das terras e em todas as aplicações decorrentes.

A série de satélites é um importante instrumento com a finalidade de discernir a superfície da Terra por meio de imagens. Desde o ano de 1973, dados da série Landast têm disponibilizado imagens para o Brasil, permitindo um nicho cientificamente importante para o mundo, porque os trechos de órbita do satélite são largos o suficiente para uma cobertura global a cada estação do ano, aliada a imagens de detalhes suficientes para caracterizar a escala do crescimento urbano, irrigação agrícola e desmatamento (NASA, 2013).

A *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) lançou o satélite Landsat 5 na Califórnia em 1 de março de 1984, o qual levou consigo o sistema *Multispectral Scanner System* (MSS) e o *Thematic Mapper* (TM) (NOVO, 2002). Dirigido pelo Serviço Geológico dos EUA (USGS), o satélite completou mais de 150 mil órbitas e enviou mais de 2,5 milhões de imagens da superfície da Terra, tendo uma vida de aproximadamente 30 anos. No

entanto, ante o fracasso de um giroscópio redundante, o Landast 5 foi desativado em dezembro do ano de 2012 (BETZ, 2013).

De forma geral, o Landsat 5 estabeleceu um Recorde Mundial do *Guinness* como o mais antigo satélite de observação da Terra (NASA, 2013). A Tabela 1 resume a aplicação teórica de cada uma das bandas incluídas no Landast 5.

Tabela 1 – Características e principais aplicações das bandas do satélite Landsat 5.

TM	Intervalo (μm)	Aplicações
1	0,45 – 0,52	Diferença solo/vegetação em virtude da absorção de pigmentos das plantas nessa região do espectro/diferenciação entre espécies decíduas e coníferas.
2	0,52 – 0,60	Permite diferenciar o vigor da vegetação pela maior sensibilidade à reflectância no verde.
3	0,63 – 0,69	Diferenciação de espécies de plantas em função da presença de pigmentos da clorofila. Também permite discriminar solo exposto e vegetação.
4	0,76 - 0,90	Permite avaliar a biomassa da cobertura vegetal e também mapear corpos d'água devido ao contraste entre a alta reflectância da vegetação em infravermelho e a alta absorção dessa faixa pelas superfícies líquidas.
5	1,55 – 1,75	Permite detectar a umidade da cobertura vegetal, pois essa região do espectro é sensível à presença de água no tecido foliar.
6	10,4 – 12,50	Permite avaliar diferenças de temperatura entre alvos da superfície.
7	2,08 – 2,35	Útil para a identificação de áreas sujeitas a alterações hidrotermais.

Fonte: Adaptado de NOVO, 2010.

No ano de 2013 foi lançado o Landsat 8, com imagens ortorretificadas pela NASA, com 2 sensores: o sensor espectral OLI (*Operation Land Imager*) e o sensor termal TIRS (*Thermal Infrared Sensor*). O sensor OLI possui resolução espacial de 15 m no Pancromático e de 30 m no Multiespectral, o que

possibilita a geração de imagens de 15 m de resolução espacial a partir da técnica de fusão de imagens. O Landsat 8 é composto por 11 produtos que operam em bandas espectrais. As imagens obtidas por esses sensores apresentam distintas resoluções (Tabela 2). São imagens que já são disponibilizadas de forma ortorretificada, contendo correções geométricas (USGS, 2012a; 2012b) e dois sensores, ambos podendo ser usados de forma compensatória ou complementar (JOHNSON, 2008).

Tabela 2 – Características das imagens do satélite Landsat 8.

Bandas	Sensor	Faixa espectral (μm)	Significado	Resolução Espacial (m)
Banda 1	OLI	0,43-0,45	Aerossol, costeira	30
Banda 2	-	0,45-0,51	Azul	30
Banda 3	-	0,53-0,59	Verde	30
Banda 4	-	0,64-0,67	Vermelho	30
Banda 5	-	0,85-0,88	IV Próximo	30
Banda 6	-	1,57-1,65	SWIR 1	30
Banda 7	-	2,11-2,29	SWIR 2	30
Banda 8	-	0,50-0,68	Pancromática	15
Banda 9	-	1,36-1,38	Cirrus	30
Banda 10	TIRS	10,60-11,19	<i>Thermal Infrared 1</i>	100
Banda 11	-	11,5-12,51	<i>Thermal Infrared 2</i>	100

Fonte: NASA, 2013.

O satélite Landsat 8 possui novas bandas a partir de seus antecessores: a Banda 1, projetada especificamente para estudos dos recursos hídricos e investigação da zona costeira, e a Banda 2, um novo canal de infravermelho (banda 9) para a detecção de nuvens. A partir do sensor termal TIRS, foram criadas duas bandas espectrais para o

comprimento de onda antes coberto por uma única banda nos sensores do Landsat 5 (USGS, 2013).

Tais adições provocaram mudanças nos intervalos dentro do espectro eletromagnético dos canais de todas as bandas, trazendo certos benefícios para determinadas aplicações. Uma inovação a ser destacada é a resolução radiométrica. Enquanto as imagens dos satélites anteriores possuíam 8 *bits*, o Landsat 8 possui, segundo a USGS (2013), um desempenho radiométrico de 16 *bits*, o que possibilita uma maior caracterização de alvos na imagem.

2.6 Comportamento espectral da vegetação

A vegetação é um dos alvos mais estudados em Sensoriamento Remoto. A propriedade da reflectância depende da rugosidade ou do tamanho das irregularidades da superfície em relação ao comprimento de onda da radiação considerada (LIU, 2006).

O termo em questão, comportamento espectral dos alvos, é atribuído aos cientistas que desenvolvem estudos relacionados à aplicação do Sensoriamento Remoto em recursos naturais, tais como o estudo da reflectância desses recursos, dentre outros. O comportamento espectral de uma folha se dá, portanto, em função de suas características intrínsecas, como composição, morfologia e sua estrutura interna. A espessura da folha é fator importante no caminho da REM, já que normalmente a transmitância é maior que a reflectância em folhas finas, mas o inverso acontece com folhas grossas (NOVO, 2010 e PONZONI, 2010).

O conhecimento sobre o comportamento espectral dos alvos é fundamental para a extração de informações e atributos a partir de produtos de Sensoriamento Remoto, quer sejam fotografias ou imagens de satélites que dão suporte aos estudos nos mais diversos domínios (NOVO e PONZONI, 2001).

2.7 Classificação Digital de Imagens

A classificação é um processo de extração de informações por meio de imagens com o objetivo de reconhecer padrões e objetos homogêneos e mapear as áreas da superfície terrestre. Os classificadores podem ser divididos em função da unidade a ser agrupada, como: classificadores *pixel a pixel* ou classificadores por região. A metodologia da classificação de imagens multiespectrais associa cada *pixel* da imagem ou cada região a um tema que descreve a representação da superfície (FLORENZANO, 2011).

Quanto ao tipo de treinamento, o processo de classificação pode ser supervisionado ou não supervisionado. Na classificação supervisionada, as amostras de treinamentos para cada uma das classes definidas na imagem são realizadas, a priori, pelo analista. Já na classificação não supervisionada, cada *pixel* ou região da imagem são definidas a posteriori, como um resultado de análise, isto é, o usuário não possui conhecimento do comportamento espectral dos alvos presentes na imagem. A diferença básica entre a classificação *pixel a pixel* e a classificação realizada por regiões é que esta última considera e inclui na classificação a informação contextual da imagem, portanto exige a utilização de uma imagem dividida em regiões homogêneas (NOVO, 2010).

O algoritmo integrado ao Sistema de Informações Geográficas (SIG) classifica uma cena com base em amostras da cobertura identificadas previamente pelo analista.

Dentre os classificadores supervisionados, o MAXVER e o *Bhattacharya* têm sido bastante utilizados para análise das alterações ocorridas na paisagem (SHIBA, 2005).

Segundo Leite e Rosa (2012), o classificador máxima verossimilhança (MAXVER) é um algoritmo paramétrico, ou seja, a partir dos parâmetros definidos de acordo com as amostras de *pixels* adquiridas a priori, o algoritmo computa a probabilidade estatística de um *pixel* desconhecido pertencer a

uma ou outra classe, associa essas classes considerando pontos individuais da imagem e assume que elas possuem distribuição normal. Ainda sobre o classificador MAXVER, Tso e Mather (2009) referem-se a ele como um procedimento que avalia a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes.

O algoritmo mais usual na classificação do tipo regiões é o *Bhattacharya*, usado para medir a separabilidade estatística entre um par de classes espectrais, de modo que esse algoritmo verifica a distância média entre as distribuições de probabilidades dessas classes para agrupar as regiões. Esse classificador é aplicado sobre o resultado do processo de segmentação, classificando um conjunto de *pixels*, gerando, assim, áreas semelhantes (MARTE, QUINTANILHA e RODRIGUES, 2011).

Segundo Oliveira *et al.* (2003), o processo de segmentação consiste em agrupar *pixels* com características de descontinuidade e também similaridade nos tons de cinza de uma imagem. Esse método considera a mudança íngreme dos valores de cinza, a similaridade e a agregação de *pixels* em função da sua semelhança com os *pixels* vizinhos presentes na imagem.

2.8 Avaliação da Acurácia da Classificação: Índice Kappa

A análise e as alterações na superfície da Terra são fundamentais, incluindo a avaliação de precisão, detecção de mudanças e modelagem de simulação. No entanto, os diagnósticos superficiais das categorias presentes na superfície da Terra podem omitir a análise dos resultados, consentindo de alcançar tanto quanto possível uma visão sobre o potencial processo que determina um padrão de mudança da Terra (PONTIUS JR. *et al.*, 2004; PONTIUS JR, 2000).

Para Pontius Jr. *et al.* (2004), a maneira mais frequente de se analisarem as alterações na superfície da Terra é por meio das seguintes

etapas: obtenção de mapas entre dois momentos distintos, seguida da contabilização e registro das mudanças em matrizes de transição para a identificação das alterações mais significativas.

Segundo Florenzano (2011), é recomendado que, após uma classificação feita em determinada imagem de satélite, se avalie a sua exatidão, determinando a eficiência do resultado da classificação em relação à realidade. Essa acurácia de uma classificação digital ou de mapeamento é um procedimento necessário para determinar sua confiabilidade.

Para avaliar a eficiência do mapeamento elaborado, podem ser utilizadas análises estatísticas provenientes de matrizes de erros. Essa normalmente apresenta o número de linhas e o número de colunas iguais ao número de classes espectrais do estudo (MENESES e ALMEIDA, 2012).

A partir da matriz de erros, pode ser obtida a avaliação da acurácia por meio de graus de concordância, precisão global, precisão de classe individual, precisão de produtor, precisão de usuário e Índice Kappa. O Índice Kappa é uma técnica multivariada discreta usada na avaliação da precisão de produtos temáticos, utilizando todos os elementos da matriz de erros em seu cálculo (FIGUEIREDO e VIEIRA, 2007).

De acordo com Cunha (2009), esse índice é habitualmente usado na avaliação da acurácia, e seu coeficiente é considerado eficiente e seguro na avaliação da exatidão de mapeamentos, conforme Equação 01:

$$k = \frac{N \sum X_{ii} - \sum X_{i+} X_{+i}}{N^2 - \sum X_{i+} X_{+i}} \quad (01)$$

Onde:

N = número total de amostras

$\sum X_{ii}$ = Soma do número das amostras corretas nas linhas e colunas

X_{i+} = Soma linear

X_{+i} = Soma colinear

Segundo Landis e Koch (1977), a Tabela 3 abaixo apresenta os valores do índice Kappa variando de 0 a 1 e suas respectivas ascendências.

Tabela 3 – Valores de Índice Kappa.

Índice Kappa	Concordância
< 0	Sem concordância
0.00 a 0.19	Pobre
0.20 a 0.39	Fraca
0.40 a 0.59	Moderada
0.60 a 0.79	Forte
0.80 a 1.00	Excelente

Fonte: LANDIS e KOCH, 1977.

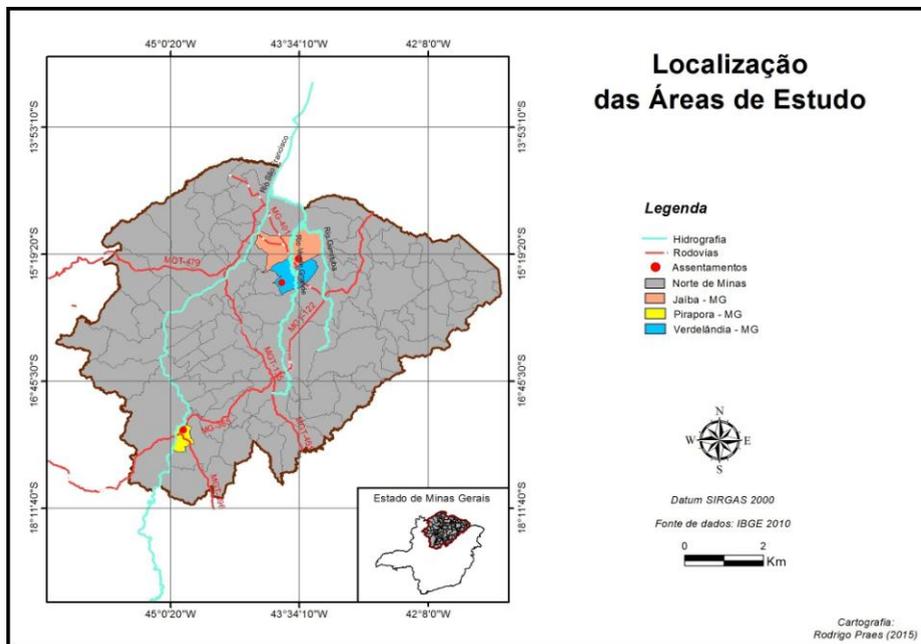
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Seleção das áreas de estudo

As áreas de estudo selecionadas, concretizadas como assentamentos rurais, localizam-se nos perímetros dos municípios de Jaíba, Pirapora e Verdelândia, na região norte do Estado de Minas Gerais (Figura 4).

Os municípios apresentam clima tropical quente com inverno seco, de acordo com a classificação de Köppen (1948), com estações secas e chuvas irregulares, temperatura média anual oscilando entre 21 e 24 °C e precipitação média anual inferior a 1.000 mm. Na vegetação nativa da região predomina, como forma vegetacional, o Cerrado *strictu sensu*, com troncos tortuosos e ramos retorcidos, cascas e folhas grossas e relevo do tipo tabular, com manchas da fitofisionomia Mata Seca, localizado na transição entre Cerrado e Caatinga (PAE, 2010).

Figura 4 – Localização dos assentamentos nos municípios de Jaíba, Pirapora e Verdelândia no Norte do Estado de Minas Gerais.



Fonte: IBGE, 2010.

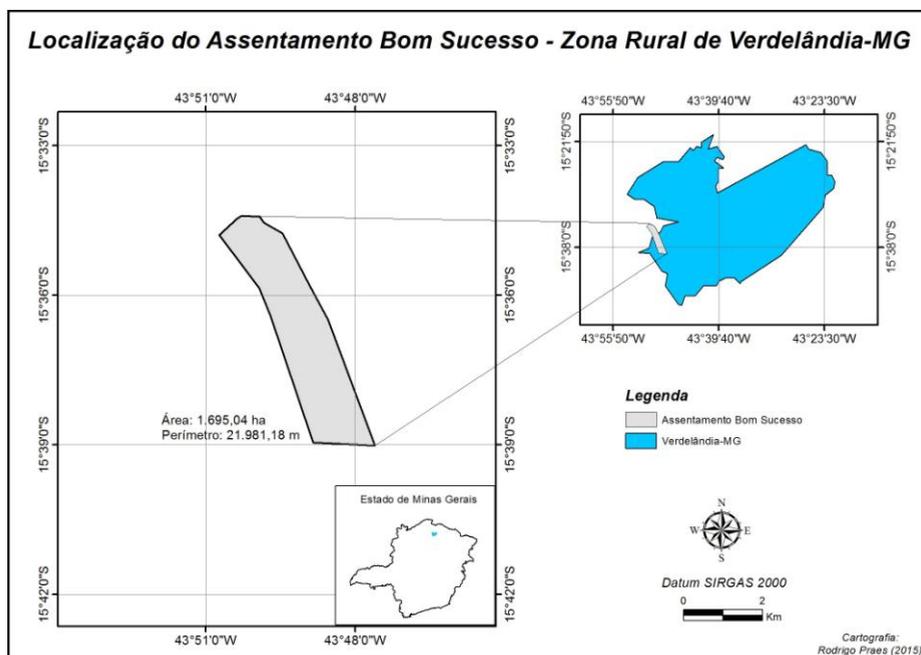
Org.: Próprio autor, 2015.

3.2 Histórico dos assentamentos analisados

3.2.1 Assentamento de Bom Sucesso

O Assentamento Bom Sucesso situa-se no município de Verdelândia, com uma parte de seu território situada ao norte do município de Varzelândia, no Norte do Estado de Minas Gerais (Figura 5). O assentamento foi desapropriado em 2001, sendo que na época foram assentadas 24 famílias. A área total de cada lote compreende aproximadamente 34 hectares, e a área total comunitária do assentamento foi de 1.695,04 hectares.

Figura 5 – Mapa de localização do Assentamento Bom Sucesso na zona rural do município de Verdelândia (MG).



Fonte: IBGE, 2010.

Org.: Próprio autor, 2015.

Para implantação do assentamento, foi elaborado um diagnóstico indicativo em que foram apontados os potenciais da área destinada ao assentamento, como disponibilidade de água com qualidade para consumo humano. O estudo foi realizado para garantir uma segurança alimentar aos assentados, avaliando a existência de poço tubular, proximidade do assentamento com a sede do município e grandes centros comerciais, como as cidades de Janaúba e Montes Claros, existência de estradas internas para facilitar o acesso, existência de parte da rede elétrica. A região também possuía edificação já instalada e adaptada para ensino escolar dos moradores.

Além dos potenciais apontados, a região também possuía limites e dificuldades que foram levadas em consideração, como ineficiência do abastecimento de água, necessidade de um poço artesiano, o qual ainda não possuía outorga em operação, falta de linha de ônibus para acesso dos moradores aos centros urbanos, inexistência de posto telefônico, falta de planejamento na disposição final dos resíduos domésticos. A região também padecia de informações com relação a saneamento básico, o que pôde ser percebido por meio das construções improvisadas. Assim, foi proposta a retificação dos problemas citados para o bem-estar e uma vida digna dos assentados.

O parcelamento dos lotes foi feito perpendicularmente aos córregos Macaúbas, São José e Corgão, para que todos tivessem acesso às terras para implantação de culturas, localizadas às margens desses cursos d'água. Desse modo, cada lote possuía condições de cultivo e sustento. Os lotes que tinham menor percentagem de terras aptas para cultura foram compensados com áreas maiores.

A análise química realizada na implantação do assentamento e os dados dos atributos do solo estão apresentados na Tabela 4.

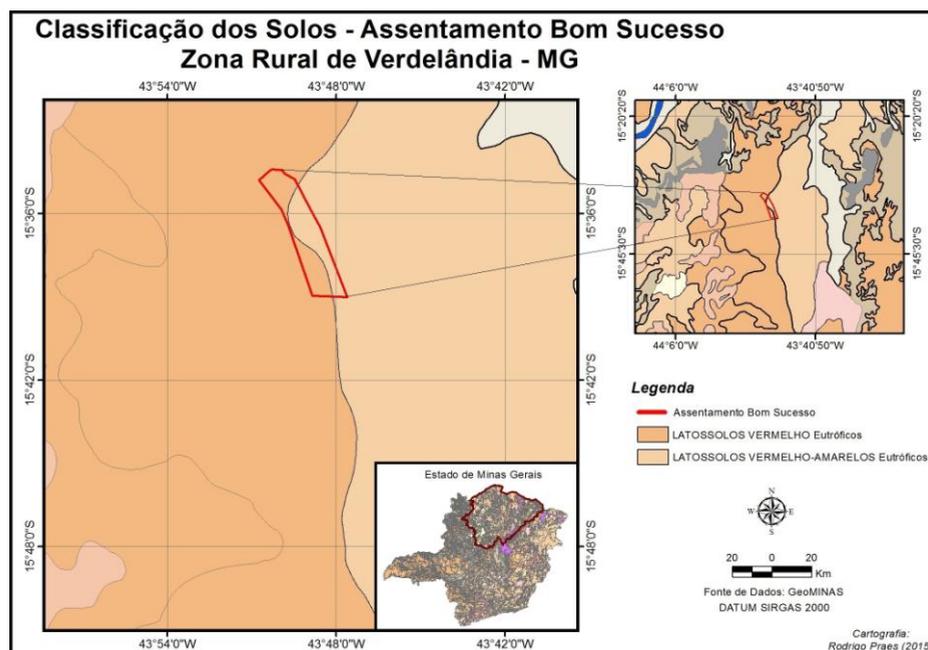
Tabela 4 - Características químicas dos diferentes tipos de solo (Horizonte A) no Assentamento Bom Sucesso, município de Verdelândia (MG).

Tipo de Solo	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺	T	V	m	P
Latossolo Vermelho	7,1	13,1	0,8	0,54	14,5	0	0	14,5	100	0	7
Neossolo Flúvico	6,2	9,3	1,7	0,27	11,3	0	1,8	13,1	86	0	1
Latossolo Vermelho Amarelo	5,9	2,8	0,8	0,24	3,9	0	3	6,9	57	0	3

Fonte: INCRA, 2002.

De acordo com o respectivo Plano de Desenvolvimento dos Assentamentos (PDA), os solos do Assentamento Bom Sucesso foram classificados, de acordo com a Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho eutrófico e Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Figura 6).

Figura 6 – Mapa dos tipos de solos presentes no Assentamento Bom Sucesso, localizado em Verdelândia (MG).



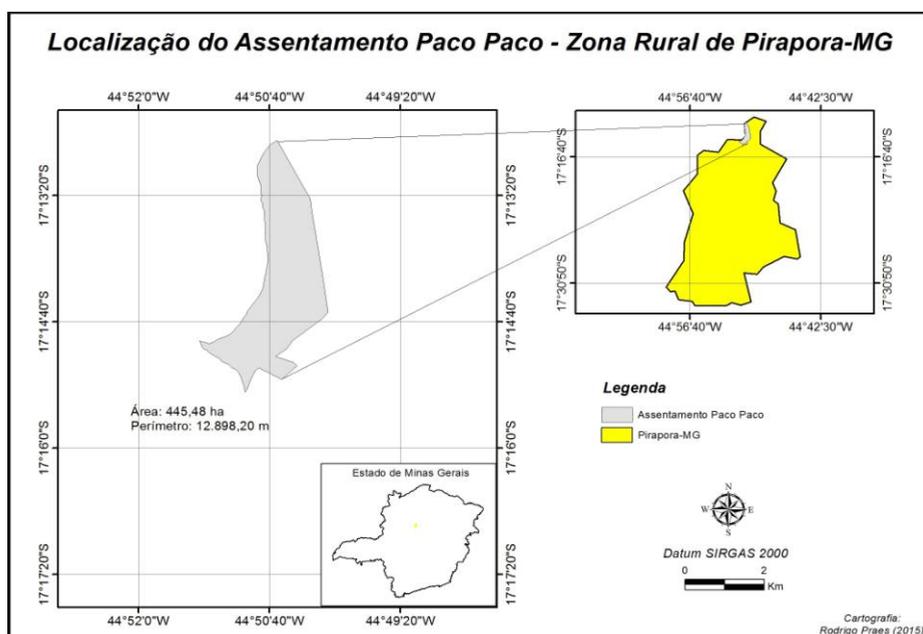
Fonte: EMBRAPA, 2006.

Org.: Próprio autor, 2015.

3.2.2 Assentamento Paco Paco

O Assentamento Paco Paco situa-se no município de Pirapora, norte do Estado de Minas Gerais (Figura 7). O assentamento possui uma área total de 445,48 hectares, e a ocupação das terras ocorreu no dia 13 de setembro de 1998, por 73 famílias.

Figura 7 – Mapa de localização do Assentamento Paco Paco na zona rural do município de Pirapora (MG).



Fonte: IBGE, 2010.

Org.: Próprio autor, 2015.

Durante a ocupação inicial, a fazenda estava *sub judice* pelo Banco do Brasil e após 3 meses da ocupação o depositário fiel conseguiu a retirada das famílias na justiça. As famílias despejadas ficaram sete meses acampadas à beira da rodovia, com o apoio do Sindicato dos Trabalhadores de Buritizeiro e

da FETAEMG de Montes Claros, que deram suporte e começaram a negociação com o INCRA. No início de 1999, com autorização da justiça, 62 famílias ocuparam novamente as terras e, no segundo trimestre de 1999, foram cadastradas 42 famílias pelo INCRA, o que rege até os dias atuais.

Os atributos químicos do solo avaliados na implantação do assentamento estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Características químicas dos diferentes tipos de solo (Horizonte A) no Assentamento Paco Paco, município de Pirapora (MG).

Tipo de Solo	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K+	SB	Al ³⁺	H ⁺	T	V	m	P	
		----- cmolc dm ⁻³ -----								---- % ----		mg/dm ⁻³
Neossolo Flúvico	6,0	1,7	1,6	0,08	3,4	0	1,7	5,1	67	0	2	
Latossolo	4,5	0,2	0,2	0,26	0,6	0,6	2,7	3,8	14	53	1	

Fonte: Plano de Assentamento – INCRA, 2002.

De acordo com o PDA, os solos do Assentamento Paco Paco foram classificados, de acordo com a Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho eutrófico e Neossolo Flúvico distrófico (Figura 8).

Figura 8 – Mapa dos tipos de solos presentes no Assentamento Paco Paco, localizado em Pirapora (MG).



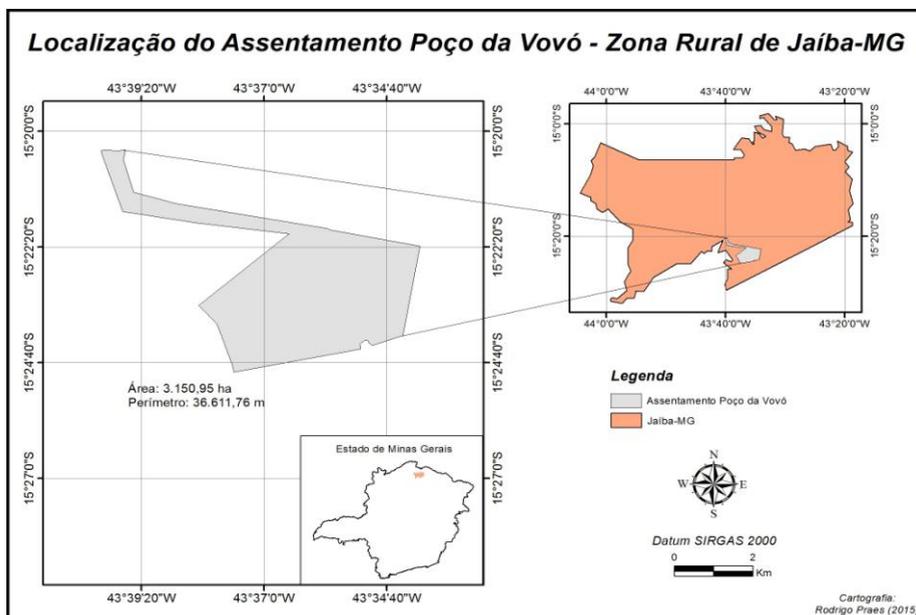
Fonte: EMBRAPA, 2006.

Org.: Próprio autor, 2015.

3.2.3 Assentamento Poço da Vovó

O Assentamento Poço da Vovó localiza-se na mesorregião do norte de Minas, microrregião de Janaúba, no município de Jaíba. O Assentamento fica a 8 km da sede do município de Jaíba e a 210 km do município de Montes Claros (Figura 9).

Figura 9 – Mapa de localização do Assentamento Poço da Vovó na zona rural do município de Jaíba (MG).



Fonte: IBGE, 2010.

Org.: Próprio autor, 2015.

A área total do assentamento é de 3.150,9537 ha, e o perímetro de 36.611,76 m foi dividido em 45 parcelas de aproximadamente 52 ha, com área de uso comunitário (estrada, poços, escola, casa de farinha, etc.) de 24 ha. Existem ainda duas áreas de Reserva Legal, uma situada a leste, com 65,8154 ha, e outra, a oeste, com 560,2078 ha.

Constata-se que no assentamento houve uma grande mudança com relação aos proprietários dos lotes, os quais não se caracterizam somente como agricultores familiares. A proximidade do assentamento com o município de Jaíba talvez seja o fator preponderante para que os lotes fossem ocupados somente com algumas culturas e criação de animais. A maior parte das famílias reside na sede do município de Jaíba.

A análise química do solo foi realizada na implantação do assentamento e os dados dos atributos apresentados na Tabela 6.

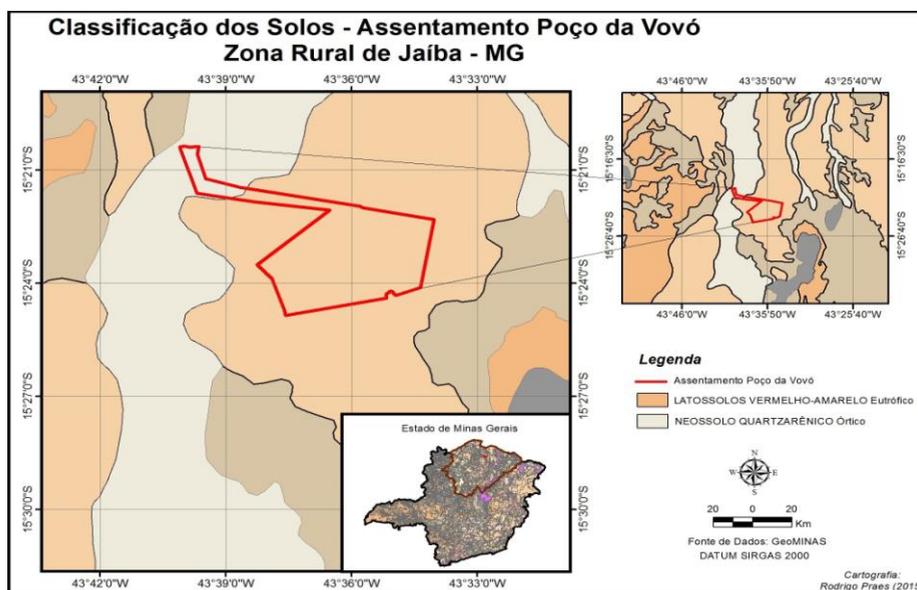
Tabela 6 – Características químicas dos diferentes tipos de solo (Horizonte A) no Assentamento Poço da Vovó, município de Jaíba (MG).

Tipo de Solo	pH H ₂ O	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	SB	Al ³⁺	H ⁺	T	V	m	P
Neossolo Quartzarênico	5,0	0,6	0,7	0,02	1,3	0,4	1,0	2,7	48	23,5	1
Latossolo Vermelho	5,1	0,9	0,3	0,12	1,3	0,4	2,3	4	33	24	1

Fonte: INCRA, 2002.

De acordo com o PDA, os solos do Assentamento Poço da Vovó foram classificados, de acordo com a Embrapa (2006), como Latossolo Vermelho-Amarelo eutrófico e Neossolo Quartzarênico órtico (Figura 10).

Figura 10 – Mapa dos tipos de solos presentes no Assentamento Poço da Vovó, localizado em Jaíba (MG).



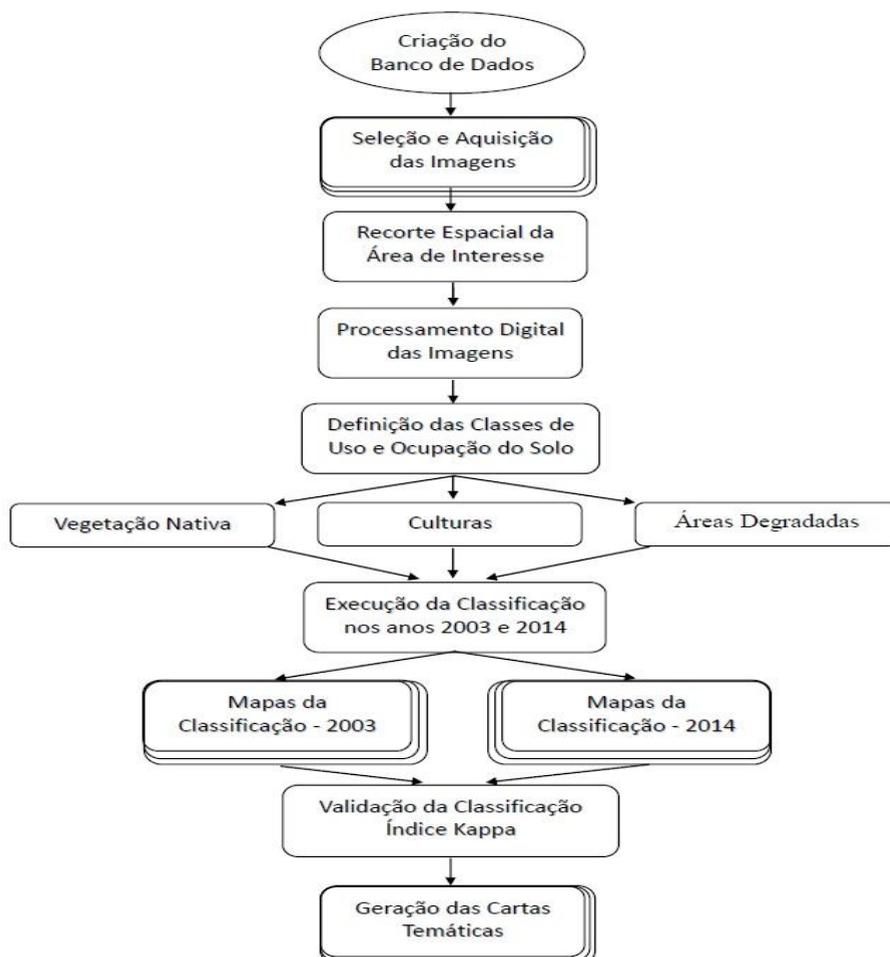
Fonte: EMBRAPA, 2006.

Org.: Próprio autor, 2015.

3.3 Uso do Sensoriamento Remoto para levantamento do uso e ocupação do solo

A metodologia empregada neste estudo está apresentada no fluxograma da Figura 11, elaborado e executado no programa Spring 5.3.

Figura 11 – Fluxograma da metodologia aplicada para levantamento do uso e ocupação do solo em áreas de assentamentos rurais localizados no Norte do Estado de Minas Gerais.



Fonte: Próprio autor, 2015.

3.3.1 Criação do banco de dados

Para a criação do banco de dados, foi utilizado o *software* Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (Spring), versão 5.3,

idealizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) (CÂMARA *et al.*, 1996), utilizando o sistema de referência Latitude e Longitude e modelo da Terra, e o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas SIRGAS 2000.

3.3.2 Seleção e Aquisição das Imagens

As imagens de interesse foram obtidas no *site* do INPE no endereço eletrônico <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>> selecionando as imagens dos satélites Landsat 5, sensor TM (*thematic mapper*), para imagens do ano de 2003, e Landsat 8, sensor OLI (*Operational Land Imager*), para imagens do ano de 2014, com critério de representação temporal dos ditos anos, priorizando as imagens com menor cobertura de nuvens possível. A seleção das imagens é mencionada na Tabela 7.

Tabela 7 – Dados das imagens dos satélites Landsat 5 e 8 utilizadas para análise e classificação dos assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba (MG).

Satélite	Data da Imagem	Resolução Espacial	Órbita/Ponto
Landsat 5	27/06/2003	30 m	218/71
Landsat 5	18/06/2003	30 m	219/72
Landsat 8	24/05/2014	15 m	218/71
Landsat 8	25/06/2014	15 m	219/72

Fonte: Próprio Autor, 2015.

3.3.3 Georreferenciamento das imagens

Conforme ENVI (2007), as imagens produzidas pelos satélites devem ser georreferenciadas (exceto as imagens do sensor OLI do satélite Landsat

8, que já são disponibilizadas ortorretificadas), pois apresentam uma série de distorções espaciais. Dessa forma, não possuem precisão cartográfica quanto ao posicionamento dos objetos que são representados. Nesse contexto, as imagens de interesse (Landsat 5) foram georreferenciadas no *software* Spring 5.3, utilizando imagens ortorretificadas *Global Land Survey* (GLS) disponibilizadas pela NASA. Como base para o registro, atribuem-se 8 pontos de controle espacializados de forma organizada e bem distribuída na imagem. Pelo método de registro polinômio de 1º grau, obteve-se o erro médio de 0,6 *pixel* a ser registrado, pois, assim, conforme a precisão para registro, tem-se um melhor resultado.

3.3.4 Recorte Espacial das Áreas de Interesse

De acordo com o pressuposto das áreas destinadas a assentamentos rurais, as imagens de interesse foram recortadas no limite de cada assentamento definido e estabelecido pelo órgão competente, no caso, o INCRA, o que viabiliza e aprimora todo o processo adiante no trabalho, utilizando vetores que limitam as áreas dos assentamentos.

3.3.5 Processamento digital das imagens

O processamento foi realizado no *software* Spring 5.3, que possibilitou operações tais como filtragem, manipulação, ajuste de contraste e classificação. Portanto, utilizando-se as cenas e suas respectivas composições de faixas 3(B), 4(G) e 5(R), para as imagens do satélite Landsat 5, e a composição 4(B), 5(G) e 6(R), para imagens do satélite Landsat 8, foi realizado o recorte espacial da área dos assentamentos. Paralelamente, foram definidas e adquiridas amostras de regiões da imagem segmentada com similaridade de 6 área 12. Esse limiar de similaridade agrupa *pixels* por

região, sendo avaliado e definido como o melhor intervalo de similaridade de acordo com os produtos gerados e testados nas imagens.

A classificação utilizada foi a supervisionada por região, e após a segmentação e treinamento na aquisição de amostras de classe foi utilizado o classificador *Bhattacharya*, presente na plataforma algébrica do *software* Spring, utilizando o limiar de acerto de 99%.

3.3.6 Definição das Classes de Uso e Ocupação do Solo

A definição das classes de uso e ocupação do solo nas áreas dos assentamentos teve como base os estudos realizados por Queiroz Junior *et al.* (2012) e Nascimento *et al.* (2009), que utilizam a classificação de uso e cobertura do solo proposta pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO). Utilizaram-se também como base os trabalhos acerca do uso e ocupação do solo de Taura *et al.* (2011) e Souza e Reis (2011), que, conforme Tabela 8, obtiveram bons resultados e parâmetros nas suas análises aplicadas nas imagens em estudo.

Tabela 8 – Definição das Classes de Uso e Ocupação do Solo.

Uso do Solo	Descrição do Uso
Vegetação Nativa	Áreas de cobertura vegetal em equilíbrio com os fatores bióticos e abióticos, vegetação não plantada pelo homem, como cerrado, mata seca e mata ciliar.
Culturas (área agrícola)	Áreas de plantio de milho, feijão, abóbora, uva, quiabo, cana-de-açúcar, maxixe, jiló e demais culturas agrícolas, cultivadas pelos assentados.
Área de solo exposto	Áreas com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, pastagem de baixa produtividade, e perda de suas propriedades físicas e de sua estrutura.

Fonte: Adaptado de QUEIROZ JUNIOR *et al.*, 2012 e NASCIMENTO *et al.*, 2009.

Assim, a imagem foi caracterizada com as três classes de uso e ocupação do solo apresentadas. As amostras de treinamento representaram o comportamento médio das classes que foram mapeadas. Essa classificação foi validada determinando-se a qualidade do mapa elaborado através do Índice de Kappa.

3.3.7 Índice Kappa

O Índice Kappa foi utilizado para validação da acurácia do produto final da classificação. Uma vez que a imagem é classificada, necessita-se verificar a precisão dos seus resultados, de modo a permitir que se estabeleça um grau de confiança para os mesmos e também para avaliar se os objetivos da análise foram alcançados, de acordo com o que retrata a realidade, sendo isso feito por meio da comparação de *pixels*. O Índice Kappa ainda pode ser analisado individualmente por meio da análise da acurácia do produtor e usuário. Essa representação é obtida através da divisão do número total de amostras classificadas corretamente naquela categoria. A precisão de produtor refere-se às amostras que não foram classificadas corretamente, sendo omitida de sua categoria correta. Em compensação, a precisão de usuário indica a probabilidade de que um *pixel* classificado na imagem de fato representa aquela categoria no campo, sendo verificada a qualidade das amostras. Então, foram avaliados os processos que resultaram nas transições dos resultados presentes nos mapas.

3.3.8 Elaboração das Cartas Temáticas

De acordo com Sann (2005), uma carta temática é a representação gráfica de regiões, formas e feições dos objetos reais, com precisão de localização, podendo ser elaboradas através de classificação digital de imagens nas quais é possível estimar áreas de ocupação de classes no

terreno. Sendo assim, após a geração das classificações e determinação de suas respectivas acurácias, foram elaboradas cartas temáticas, que serão a representação gráfica das regiões, imagem classificada e formas com exatidão de localização.

3.4 Amostragem do solo

A amostragem do solo foi realizada de forma sistematizada e a escolha dos pontos de coleta das amostras de solos ocorreu conforme a ocupação do solo e o sistema de cultivo implantado. Em cada local de estudo foi realizado o levantamento do uso do solo e coletadas 5 amostras compostas nas áreas com diferentes usos da terra (vegetação nativa, culturas e áreas de solo exposto). As amostras de solo foram retiradas com auxílio de um trado holandês (Figura 12) nas camadas 0-20 e 20-40 cm de profundidade.

Figura 12 – Trado holandês utilizado nas coletas



Fonte: Foto adaptada de EMBRAPA, 2006.

A amostragem do solo, foi realizada de acordo com o uso e ocupação do solo pelas famílias assentadas, sendo constatados os seguintes usos e ocupações em visita a campo (Tabela 9).

Tabela 9 – Áreas de coletas para amostragem do solo de acordo com o uso e ocupação nos assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba (MG).

Assentamento	Vegetação nativa	Área de solo exposto	Culturas (área agrícola)
Bom Sucesso	Floresta Estacional Decidual	Solo exposto e/ou pastagem de baixa produtividade	Mamona, feijão-carioquinha e rosinha, milho e cana-de-açúcar.
Paco Paco	Cerrado	Solo exposto e/ou pastagem de baixa produtividade	Uva, banana, mexerica poncã, maxixe, jiló, manga, abóbora, maracujá, coco, limão e mamão.
Poço da Vovó	Floresta Estacional Decidual	Solo exposto e/ou pastagem de baixa produtividade	Milho e feijão.

Fonte: Próprio autor, 2015.

3.5 Análises químicas do solo

A caracterização química para fins de avaliação da fertilidade foi feita conforme metodologia da Embrapa (1997). O Ca e o Mg foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica. O K foi determinado por fotometria de chama e o P, por colorimetria. O teor de matéria orgânica foi determinado por oxidação com dicromato de K. Foram calculadas a soma de bases (SB), a capacidade de troca catiônica a pH 7 (T) e a efetiva (CTCe), a saturação por bases (V %) e a saturação por Al (m %). O pH foi determinado em água e em solução de KCl 1 mol L⁻¹.

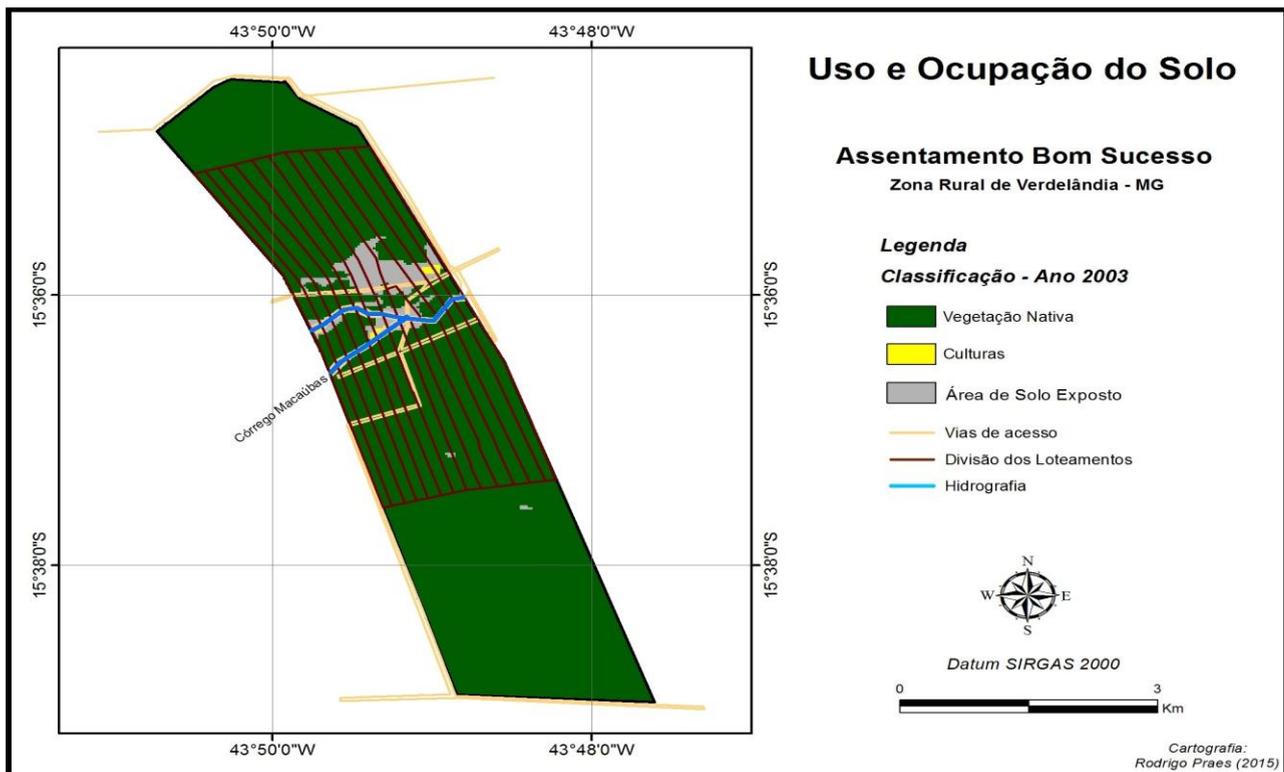
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Mudança do uso da terra após 11 anos de implantação dos assentamentos rurais

4.1.1 Assentamentos: Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó

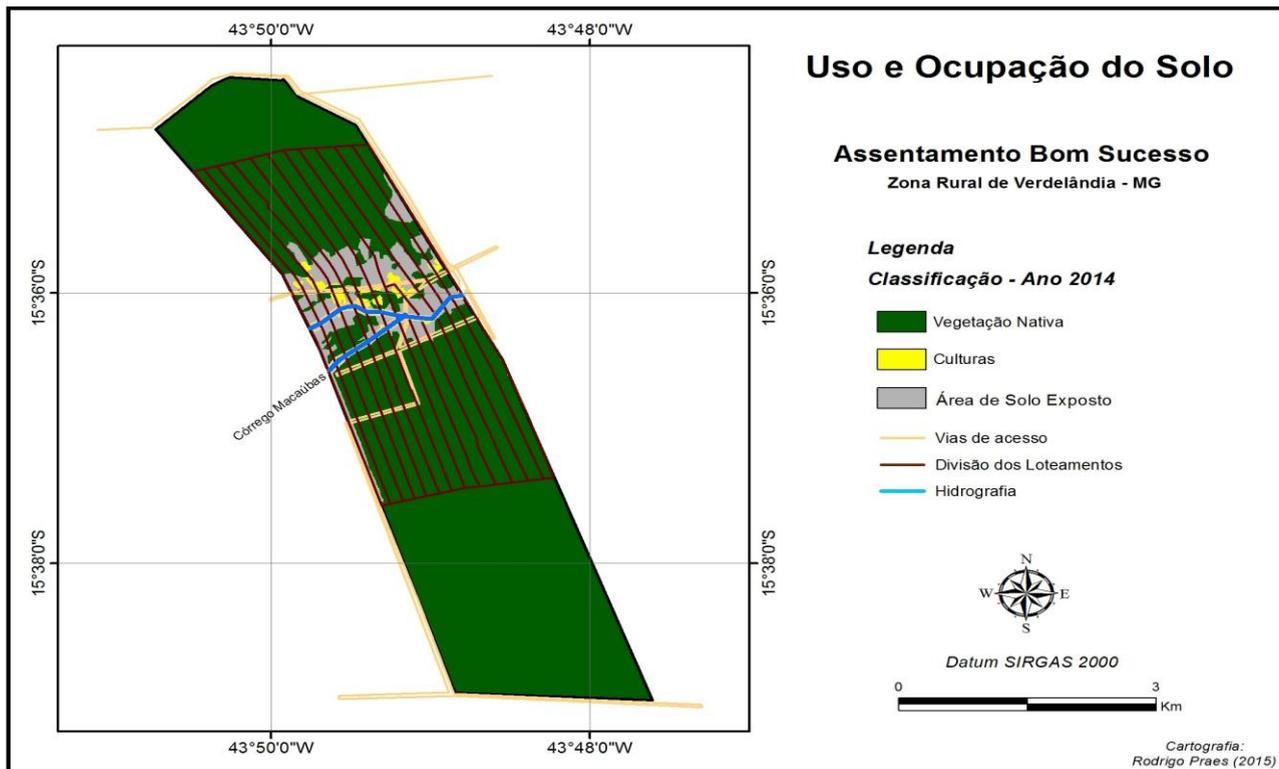
Os resultados da classificação supervisionada de uso e ocupação do solo referente ao ano de 2003, nos assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó (MG), estão apresentados nas Figuras 13, 15 e 17, respectivamente. No ano de 2014, para as mesmas áreas, os resultados da classificação estão apresentados nas Figuras 14, 16 e 18.

Figura 13 – Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Bom Sucesso no município de Verdelândia (MG), no ano de 2003.



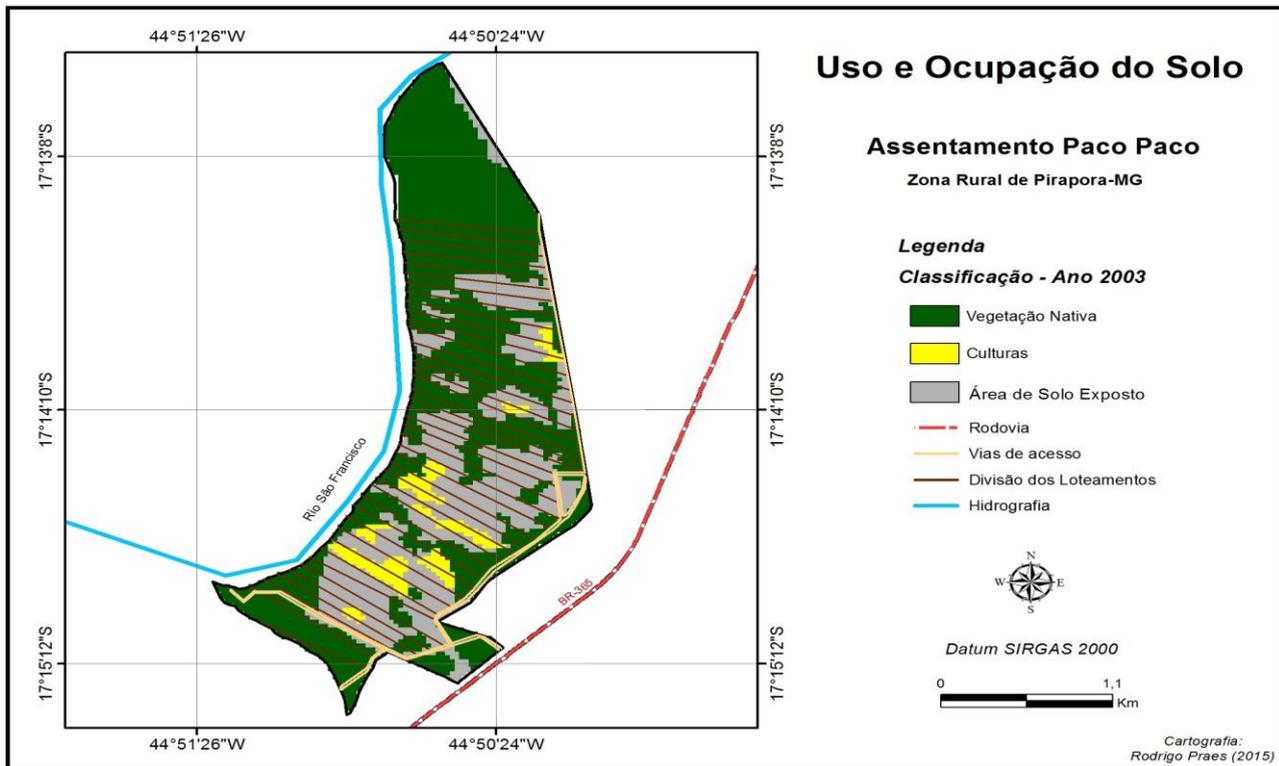
Fonte: Imagem Landsat 5, sensor TM.
Org.: Próprio autor, 2015.

Figura 14 – Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Bom Sucesso no município de Verdelândia (MG), no ano de 2014.



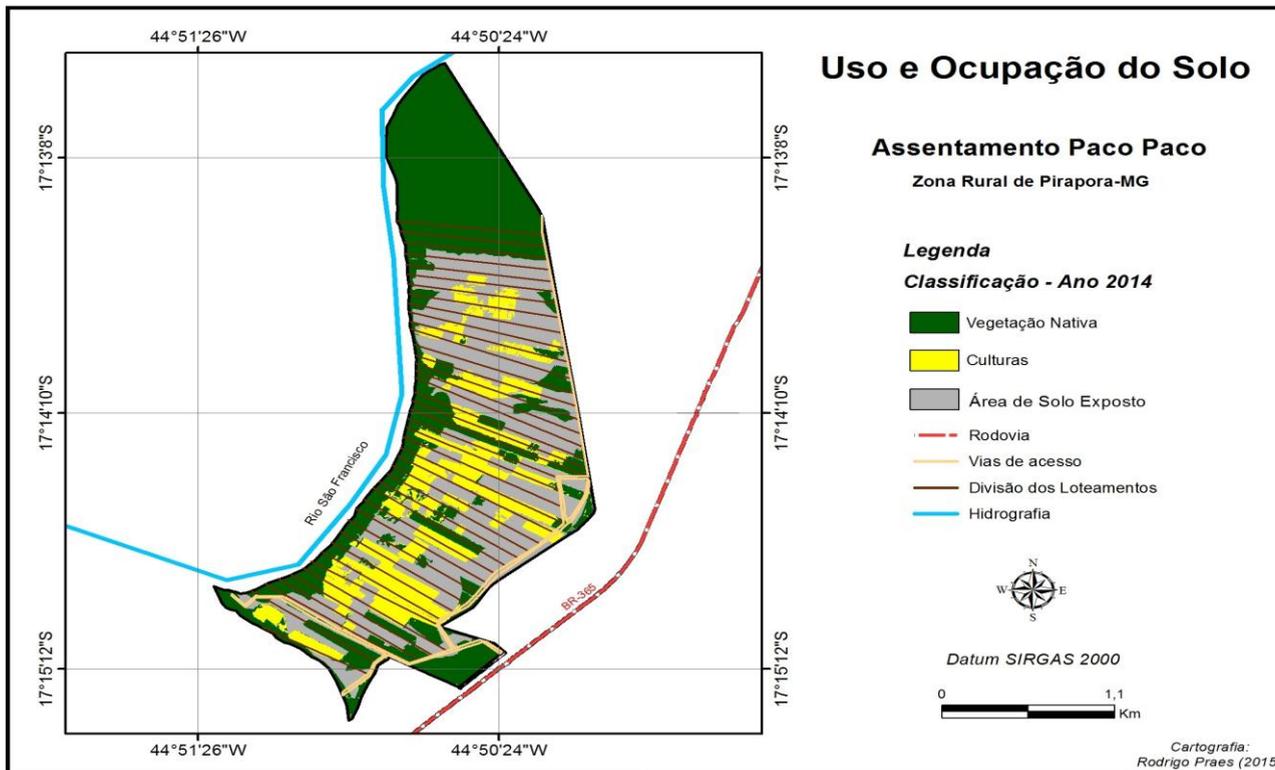
Fonte: Imagem Landsat 8, sensor OLI.
Org.: Próprio autor, 2015.

Figura 15 – Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Paco Paco no município de Pirapora (MG), no ano de 2003.



Fonte: Imagem Landsat 5, sensor TM.
Org.: Próprio autor, 2015.

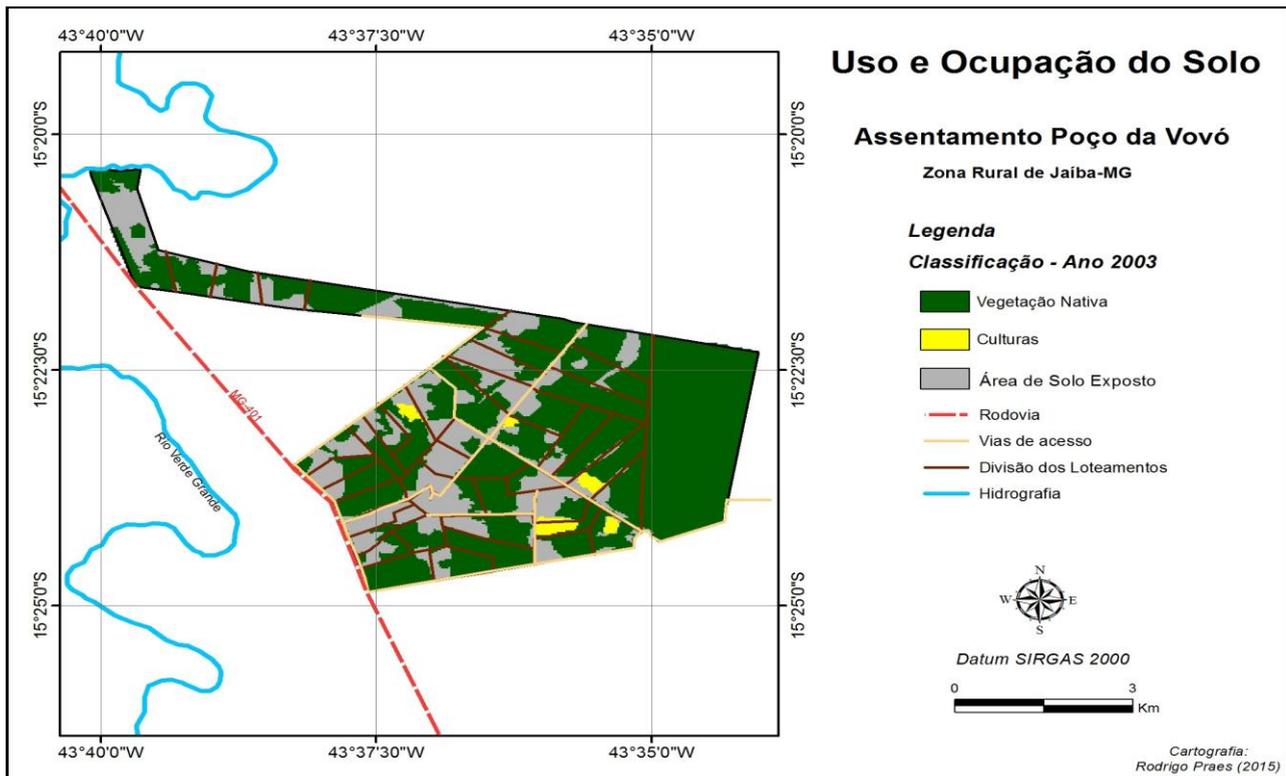
Figura 16 – Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Paco Paco no município de Pirapora (MG), no ano de 2014.



Fonte: Imagem Landsat 8, sensor OLI.

Org.: Próprio autor, 2015.

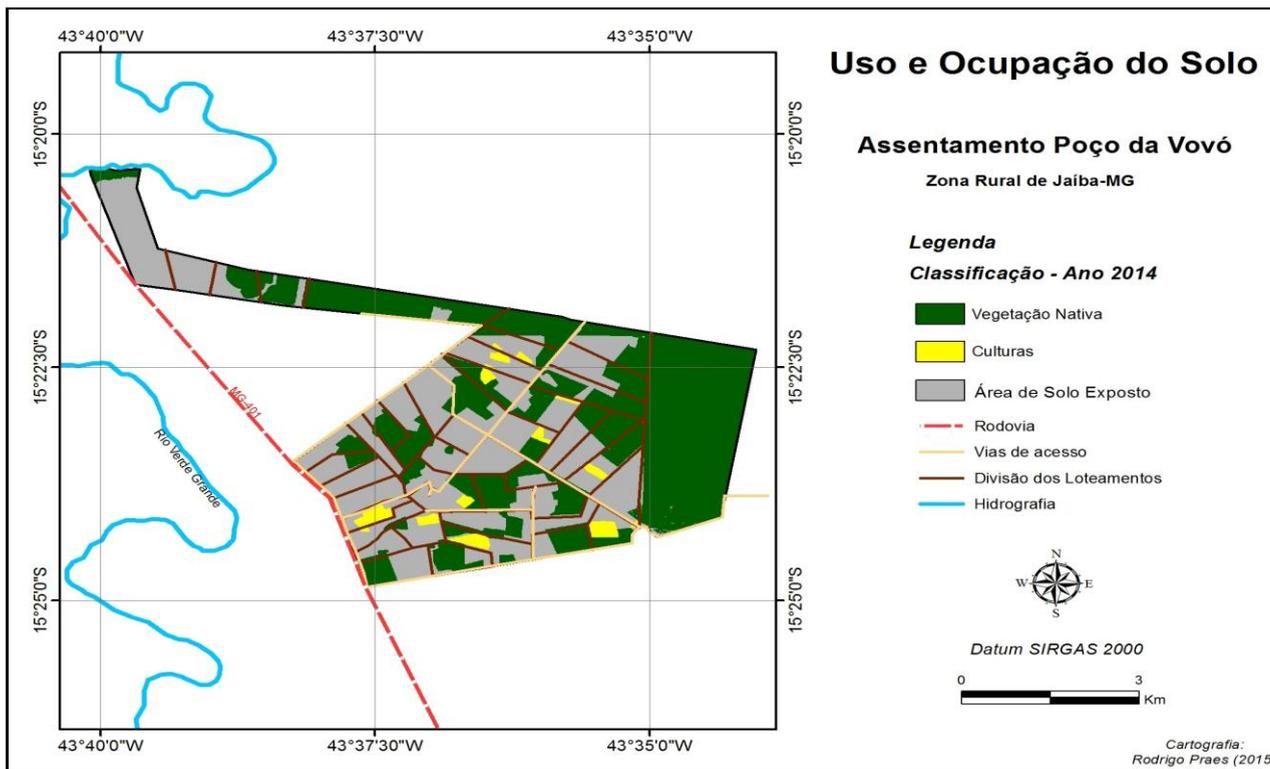
Figura 17 – Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Poço da Vovó no município de Jaíba (MG), no ano de 2003.



Fonte: Imagem Landsat 5, sensor TM.

Org.: Próprio autor, 2015.

Figura 18 – Mapa de Uso e Ocupação do solo do Assentamento Poço da Vovó no município de Jaíba (MG), no ano de 2014.



Fonte: Imagem Landsat 8, sensor OLI.
Org.: Próprio autor, 2015.

De acordo com os mapas apresentados, foi possível quantificar e analisar a área de ocupação de cada categoria. Ao avaliar os dados obtidos a partir das cartas de uso e ocupação do solo, foi possível compreender os arranjos de produção de cada área e perceber que estes não têm diversificação de produção. As áreas com pastagem de baixa produtividade e solos degradados foram provenientes de manejo inadequado do solo.

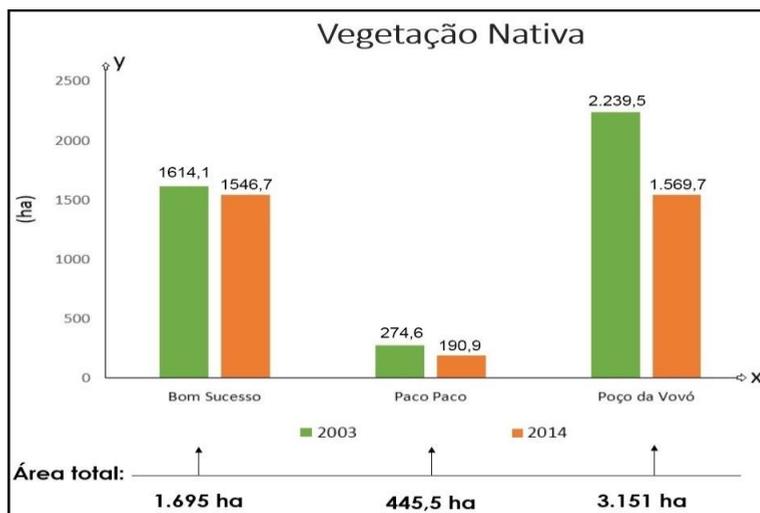
Nas áreas com culturas perenes houve predominância de pomares e árvores frutíferas, as quais se adaptam melhor à região de estudo. Resultados semelhantes foram encontrados nos estudos realizados por Queiroz Júnior *et al.* (2012) no Projeto de Assentamento Santa Rita – GO. Os autores também abordam que a classe vegetação nativa (Cerrado, Cerradão e Mata Seca) é bem expressiva nos projetos de assentamento na região de seus estudos.

A maior representatividade da classe vegetação nativa, além daquelas que devem ser preservadas de acordo com a legislação, pode ser atribuída às formas do terreno, que dificultam o uso para agricultura e pecuária e déficit hídrico. Conforme laudo emitido pelo Ministério de Minas e Energia (2009), o Norte do Estado de Minas Gerais apresenta porção elevada do terreno, combinada por morros de calcário, pertencentes à chapada residual do São Francisco, constituindo um relevo caracterizado em maior ocorrência por feições onduladas e abruptas. As feições planas e montanhosas acopladas constituem cerca de 40,5% do relevo local, além de existir grande presença de serras de rochas carbonáticas, onde o solo apresenta baixo potencial para a agricultura (LEITE, SANTOS e ALMEIDA, 2011).

São perceptíveis e significantes as mudanças que ocorreram entre os anos de 2003 e 2014, havendo uma redução da classe da vegetação nativa nos três assentamentos avaliados. Como consequência, verifica-se o aumento das classes culturas e áreas de solo exposto representados a seguir nos Gráficos 1, 2 e 3. Essa perspectiva foi também abordada pelo trabalho

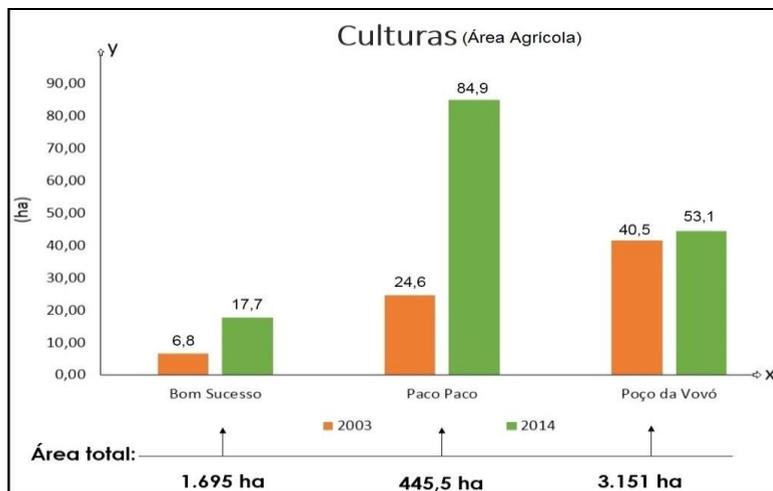
realizado por Leite e Brito (2012), que encontraram situação semelhante, mas em intervalo de tempo diferente, de 5 anos.

Gráfico 1 – Áreas (hectares) representadas pela classe Vegetação Nativa, entre os anos de 2003 e 2014, nos Assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, (MG).



Fonte: Próprio Autor, 2015.

Gráfico 2 – Áreas (hectares) representadas pela classe Culturas (área agrícola), entre os anos de 2003 e 2014, nos Assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, (MG).



Fonte: Próprio Autor, 2015.

Gráfico 3 – Áreas (hectares) representadas pela classe Área de Solo Exposto, entre os anos de 2003 e 2014, nos Assentamentos Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó localizados nos municípios de Verdelândia, Pirapora e Jaíba, (MG).



Fonte: Próprio Autor, 2015.

Vaeza *et al.* (2010), em estudo de uso e ocupação do solo na Bacia Hidrográfica do Arroio dos Pereiras, Irati-PR, constataram que a classe de vegetação e as demais classes predominantes na região de estudo foram bastante relacionadas ao processo de compactação do solo, que estava intimamente ligado aos níveis de impermeabilização na área da bacia hidrográfica.

Em estudo realizado por Klais *et al.* (2012) no município de Ponta Porã-MS, observou-se que a instabilidade natural média de aproximadamente 63% da área pode ser explicada pelo conjunto de características que constituem a própria paisagem, uma vez que grande parte do relevo variou entre suave ondulado a plano. Quanto à fragilidade ambiental, os autores atribuíram os altos valores encontrados à intensa ocupação do solo, por pastagens e diversas culturas implantadas.

Klais *et al.* (2012) ainda concluíram que a utilização das geotecnologias é fundamental para o gerenciamento das ferramentas de diferentes informações cartográficas. A análise da vulnerabilidade verificou que o município se encontra, em sua maior parte, em uma situação intermediária, sendo assim, as áreas de pastagens e agricultura estavam inseridas nos locais de maior vulnerabilidade ambiental, principalmente em locais de maior declividade, que representam 7% da área total do município em questão.

A conversão das áreas florestadas, resultado da atuação do homem, para cultivo de terras, construção de estradas e criação e extensão dos centros urbanos tem ocasionado acentuada modificação na paisagem natural, atingindo, muitas vezes, áreas de grande sensibilidade ambiental (Cemin *et al.*, 2009). Isso confirma os baixos índices de vulnerabilidade ambiental descobertos em suas áreas.

Segundo Lopes *et al.* (2010), a metodologia aplicada em seu trabalho proporciona uma ferramenta viável e de fácil acesso pelas instituições de pesquisa e ensino, para uma análise da evolução mais recente do uso do solo, de forma espaço-temporal. As mudanças visivelmente presentes em

seus resultados no intervalo de 55 anos (1950-2005) corroboram diversos estudos em questão, em que aproximadamente 40% do campo nativo foram convertidos em lavouras anuais e 2,3%, em pomares. A parte da zona urbana incluída no estudo aumentou 14,0% nesse período, as áreas ocupadas por florestas e matas ciliares não foram alteradas significativamente até os dias atuais.

No estudo realizado por Coelho *et al.* (2014) entre os anos 1991 e 2010, as classes de uso e da cobertura do solo da bacia passaram por uma grande transição, com a progressiva substituição das áreas de Caatinga pelas de pastagem/agricultura. Essas transições entre os fragmentos sinalizaram que o desmatamento das áreas de Caatinga para implantação de áreas com pastagem/agricultura se dá, na maioria das vezes, a partir da Caatinga aberta. Assim, com o crescimento elevado da classe pastagem/agricultura, a paisagem predominante de vegetação nativa foi progressivamente substituída por uma paisagem cada vez mais devastada, heterogênea e fragmentada.

No estudo em questão, o crescimento significativo das áreas de solo exposto não é diretamente proporcional o aumento de áreas cultivadas. Conforme observado em visitas de campo, constatou-se que a maior parte das áreas se encontra abandonada, sem uso para a agricultura. Diante dos resultados da classificação, percebe-se pouca mudança e crescimento nas áreas de culturas nos assentamentos de Bom Sucesso e Poço da Vovó, o que pode estar relacionado à escassez de recursos como fonte de água na região para produção da agricultura. A floresta nativa está sobproteção pelo decreto federal nº 6.660, de 2008, por ser Mata Seca e boa parte é APP.

De acordo com os resultados obtidos, verifica-se a necessidade de se fazer um SIG aplicável ao gerenciamento de áreas rurais, que aceite a visualização gráfica, além dos dados vetoriais e matriciais, o que possibilitará análise de procedimentos para estudo, planejamento e tomada de decisão.

4.2 Avaliação da acurácia da classificação de uso e ocupação do solo

O Índice Kappa dos resultados da classificação é apresentado na Tabela 10. Verifica-se que as classificações no ano de 2014 obtiveram a melhor acurácia, classificando-se, de acordo com Landis e Koch (1977), com concordância excelente, conforme tabela dos valores de Índice Kappa que variam entre 0.8 e 1.0. As classificações no ano de 2003, em contrapartida, obtiveram o menor Índice Kappa, porém os valores de sua acurácia são considerados como concordância forte, conforme tabela dos valores de Índice Kappa que variam de 0,60 a 0,79.

Tabela 10 – Acurácia dos resultados das classificações realizadas nos assentamentos de Bom Sucesso, Paco Paco e Poço da Vovó, localizados nos municípios de Verdelandia, Pirapora e Jaíba, (MG).

Índice Kappa	Assentamento Bom Sucesso	Assentamento Paco Paco	Assentamento Poço da Vovó
Ano 2003	0,61	0,67	0,66
Ano 2014	0,81	0,80	0,79

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Sendo assim, todas as classificações elaboradas apresentaram índices precisos que os qualificam de forma satisfatória. Essa acurácia foi gerada através da plataforma do programa Spring, o mesmo usado na elaboração da classificação. As Tabelas 11, 12 e 13 apresentam as estatísticas de acurácia do produtor, usuário e erros de inclusão e omissão para cada classe na classificação realizada.

Tabela 11 – Acurácia do resultado da classificação nas classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2003 e 2014 no Assentamento Bom sucesso, localizado no município de Verdelândia, (MG).

Assentamento Bom Sucesso	Vegetação Nativa		Culturas (Área agrícola)		Área de Solo exposto	
	2003	2014	2003	2014	2003	2014
Exatidão do Produtor (%)	94,10	92,12	83,25	83,41	84,01	81,02
Exatidão do Usuário (%)	89,02	90,21	81,54	74,25	61,36	62,04
Erro de Inclusão (%)	8,74	7,28	15,25	11,25	42,13	30,18
Erro de Omissão (%)	6,25	5,25	6,10	53,1	14,25	11,21

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 12 – Acurácia do resultado da classificação nas classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2003 e 2014 no Assentamento Paco Paco, localizado no município de Pirapora, (MG).

Assentamento Paco Paco	Vegetação Nativa		Culturas (Área agrícola)		Área de Solo Exposto	
	2003	2014	2003	2014	2003	2014
Exatidão do Produtor (%)	91,10	91,12	90,25	88,41	89,01	89,02
Exatidão do Usuário (%)	78,02	89,22	83,14	71,25	66,36	76,04
Erro de Inclusão (%)	11,74	8,28	13,21	11,25	44,13	31,19
Erro de Omissão (%)	9,25	6,25	6,16	42,01	16,25	11,45

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Tabela 13 – Acurácia do resultado da classificação nas classes de uso e ocupação do solo nos anos de 2003 e 2014 no Assentamento Poço da Vovó localizado no município de Jaíba, (MG).

Assentamento Poço da Vovó	Vegetação Nativa		Culturas (Área agrícola)		Área de Solo Exposto	
	2003	2014	2003	2014	2003	2014
Exatidão do Produtor (%)	91,80	91,32	83,25	89,41	84,5	88,02
Exatidão do Usuário (%)	78,02	90,21	81,54	71,25	69,1	71,04
Erro de Inclusão (%)	9,74	9,32	15,25	11,25	47,2	33,18
Erro de Omissão (%)	9,25	5,24	6,10	51,1	14,3	11,29

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Na análise das Tabelas 11, 12 e 13, as estatísticas de acurácia do usuário e produtor e erros de inclusão e omissão indicam que a classificação no Assentamento Bom Sucesso apresentou um desempenho pior na classe área de solo exposto, de acordo com a exatidão do usuário de 61,36%, indicando, dessa forma, que 38,64% das amostras classificadas como área de solo exposto no ano de 2003 e 37,96 para o ano de 2014 foram equivocadas, correspondendo aos erros de inclusão.

De acordo com a exatidão do produtor em todas as tabelas acima, pode-se perceber que as classes de culturas e áreas de solo exposto obtiveram, segundo essas estatísticas, os menores valores quando se faz uma comparação entre as classes. A classe de vegetação nativa obteve melhores resultados. Por fim, verifica-se que as classes analisadas e geradas na classificação apresentam estatísticas satisfatórias de acordo com o Índice Kappa.

Antunes e Lingnau (1997), avaliando índices de acurácia na avaliação dos resultados de classificações em imagens do satélite Landsat 5 TM, na região do Litoral do Paraná, constataram que o índice kappa foi satisfatório em relação aos demais índices analisados, uma vez que o mesmo não

apresentou diferença significativa a ponto de ser julgado inadequado, ainda ressalta os autores que o índice kappa levou em consideração todos os elementos da matriz de erros, fator que os demais índices não fizeram.

No estudo realizado por Leão *et al.* (2007), na região costeira do extremo sul da Bahia, os autores comprovaram que a acurácia dos métodos de classificação em relação aos demais utilizados, o índice kappa, foi satisfatório para comprovar estes resultados das análises de classificação digital de imagens TM e CCD do satélite Landsat, onde o índice demonstrou que o classificador *Bhattacharya*, foi o que obteve melhor resultado entre as classificações das diferentes imagens classificadas.

4.3 Atributos químicos do solo nas diferentes classes de uso do solo

4.3.1 Assentamento Bom Sucesso

Conforme os dados apresentados na Tabela 14 a seguir, não houve diferença nos atributos químicos do solo entre as diferentes classes de uso da terra no Assentamento Bom Sucesso. Esse resultado pode ser atribuído à baixa intensidade de uso agrícola das terras, fator que está diretamente associado à falta de aporte de recursos nas referidas áreas. Resultados semelhantes foram encontrados por Simões *et al.* (2014), que avaliaram os atributos físicos e químicos da Caatinga comparativamente a diferentes sistemas de cultivo no semiárido baiano. Seu trabalho analisou em duas profundidades, de 0-15 e 0-20cm, de modo que, em seu experimento, os tratamentos avaliados não obtiveram diferença estatística.

Tabela 14 – Valores de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) em duas profundidades do solo nas classes de uso do solo do Assentamento Bom Sucesso, Verdelândia (MG).

(Continua)

Classes	Prof	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	cm	H ₂ O	mg dm ⁻³	-----	cmolc dm ⁻³	-----		
Culturas	0-20	7,16 aA	4,78 aA	155,0 aA	14,28 aA	2,44 aA	0	1,33 aA
	20-40	7,32 aA	2,07 aA	93,60 aA	13,18 aA	2,40 aA	0	1,11 aA
Vegetação Nativa Mata Seca	0-20	7,46 aA	3,74 aA	182,8 aA	16,46 aA	3,44 aA	0	1,26 aA
	20-40	7,50 aA	1,95 aA	121,2 aA	16,30 aA	2,74 aA	0	1,20 aA
Áreas de Solo Exposto	0-20	6,70 aA	3,61 aA	240,8 aA	5,66 aA	1,90 aA	0	1,44 aA
	20-40	6,72 aA	2,42 aA	217,6 aA	5,64 aA	1,72 aA	0	1,28 aA

(Conclusão)

Classes	Prof	SB	t	T	m	V	MOS
	cm	-----cmolc dm ⁻³	-----	-----	----- %	-----	g kg ⁻¹
Culturas	0-20	17,11 aA	17,11 aA	18,42 aA	0	91,80 aA	57,8 aA
	20-40	15,82 aA	15,82 aA	16,93 aA	0	92,20 aA	39,9 aA
Vegetação Nativa Mata Seca	0-20	20,37 aA	20,37 aA	21,63 aA	0	93,40 aA	79,9 aA
	20-40	19,35 aA	19,35 aA	20,55 aA	0	93,60 aA	59,0 aA
Áreas de Solo Exposto	0-20	8,17 aA	8,17 aA	9,62 aA	0	84,20 aA	36,4 aA
	20-40	7,92 aA	7,92 aA	9,19 aA	0	85,40 aA	27,0 aA

Letras minúsculas referem-se à comparação entre as profundidades de cada classe de uso, e maiúsculas referem-se à comparação entre as classes de uso em cada profundidade avaliada pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio Autor, 2015.

O estudo realizado por Santos *et al.* (2009) avaliou os atributos químicos de vários tipos de solo em Passo Fundo-RS, onde os autores

compararam o crescimento de gramíneas e constataram que não houve diferença significativa nos valores de pH, Al, Ca, Mg, MOS, P e K, e também não houve diferença entre as profundidades analisadas em seu estudo.

O fato de não haver uma diferença estatística dos atributos químicos pode estar relacionado, segundo Zalameña (2008), à falta de revolvimento do solo aliado a práticas de manejo. Solos que não recebem adições de fontes externas causam uma depressão química de nutrientes, assim permanecem sem alterações.

4.3.2 Assentamento Paco Paco

No Assentamento Paco Paco, os valores de pH, Mg, Al, H+Al e V não diferiram entre as classes de uso da terra e profundidades avaliadas. As variáveis P, K, Ca, SB, t, m, T e MOS apresentaram maiores teores na camada superficial (0-20 cm) nas áreas com culturas (Tabela 15).

Tabela 15 – Valores de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) em 2 profundidades do solo nas classes de uso do solo do Assentamento Paco Paco, Pirapora (MG).

(Continua)

Classes	Prof	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
		H ₂ O						
	cm		mg dm ⁻³	-----		cmolc dm ⁻³	-----	
Culturas	0-20	5,76 aA	8,77 aA	686,2 aA	4,16 aA	1,72 aA	0,31 aA	2,46 aA
	20-40	5,71 aA	5,30 bA	457,6 bA	2,82 bA	1,57 aA	0,09 aA	2,37 aA
Vegetação Nativa Cerrado	0-20	5,59 aA	1,76 aB	393,8 aB	2,02 aB	1,18 aA	0,24 aA	2,25 aA
	20-40	5,64 aA	5,23 aA	512,2 aA	1,98 aA	1,33 aA	0,46 aA	2,27 aA

(Conclusão)

Classes	Prof	SB	t	T	m	V	MOS
	cm	-----cmol _c dm ⁻³ -----			----- % -----		g kg ⁻¹
Culturas	0-20	7,90 aA	7,92 aA	10,22 aA	25,6 aA	65,4 aA	28,2 aA
	20-40	5,40 bA	6,01 bA	7,81 bA	9,15 bA	60,2 aA	32,2 bA
Vegetação Nativa Cerrado	0-20	4,52 aB	4,52 aB	6,72 aB	2,90 bA	34,8 aA	26,9 aB
	20-40	4,56 aA	4,86 aA	6,64 aA	13,80 aA	50,8 aA	32,8 aA

Letras minúsculas referem-se à comparação entre as profundidades de cada classe de uso, e maiúsculas referem-se à comparação entre as classes de uso em cada profundidade avaliada pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio Autor, 2015.

De modo geral, verificou-se nesse assentamento uma melhoria da fertilidade do solo das áreas cultivadas em relação à vegetação nativa. Esses resultados são explicados pela utilização de corretivos da acidez do solo e adubações com NPK nas áreas de cultivo.

Zalamena (2008), avaliando o impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do Rebordo do Planalto (RS), verificou que os diferentes usos da terra modificaram as características químicas do solo, e a adoção de sistemas conservacionistas de manejo do solo, como plantio direto, melhoraram os níveis de fertilidade se comparado com a vegetação original.

Em estudo avaliando os atributos químicos de um Latossolo Amarelo no Cerrado piauiense, Campos *et al.* (2011) compararam diferentes sistemas de manejo e obtiveram maiores valores de pH, Ca, K, SB, t, T, V e P na camada superficial do solo. Os autores ainda concluíram que práticas de manejo como plantio direto proporcionam aumento dos teores de Ca, K, P e SB na camada superficial de 0-20 cm.

Comparando o uso do solo com diferentes manejos na região da Encosta Inferior do Nordeste (RS), Nascimento *et al.* (2013) observaram que os valores de pH e P foram maiores na camada superficial. Carneiro *et al.*

(2009) analisaram diversos tipos de solos em áreas de Cerrado, no Parque Nacional das Emas, e observaram maiores teores de Al e menores de Ca, Mg e P no Cerrado em comparação às áreas em manejo. Os autores constataram que a não correção e adubação do solo ocasionou tal resultado.

4.3.3 Assentamento Poço da Vovó

De acordo com os resultados apresentados na Tabela 16, os teores de Mg, Al³⁺ e T não diferiram entre as classes de uso e profundidades avaliadas. Os demais atributos químicos do solo apresentaram maiores teores na camada superficial das áreas com culturas, assim como observado no Assentamento Bom Sucesso.

Tabela 16 – Valores de pH, fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), acidez potencial (H+Al), soma de bases (SB), CTC efetiva (t), CTC potencial (T), saturação por alumínio (m) e saturação por bases (V) em 2 profundidades do solo nas classes de uso da terra do Assentamento Poço da Vovó, Jaíba (MG).

(Continua)

Classes	Prof	pH H ₂ O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
	cm		mg dm ⁻³	-----		cmolc dm ⁻³	-----	
Culturas	0-20	5,84 aA	1,84 aA	251,1aA	2,18 aA	0,80 aA	0,76 aA	3,32 aA
	20-40	4,98 bA	1,77 bA	218,2bA	1,92 bA	0,63 aA	0,42 aA	2,08 bA
Vegetação Nativa	0-20	5,18 aB	0,69 aB	113,2aB	1,02 aB	0,67 aA	0,93 aA	1,89 aB
Mata Seca	20-40	5,16 aA	0,76 aA	146,1aA	1,32 aA	0,84 aA	0,72 aA	2,55 aA

(Conclusão)

Classes	Prof	SB	t	T	m	V	MOS
	cm	----- cmol _c	dm ⁻³	-----	----- %	-----	g Kg ⁻¹
Culturas	0-20	3,52 aA	3,74 aA	6,55 aA	25,6 aA	65,4 aA	25,5 aA
	20-40	2,79 bA	3,13 bA	5,14 aA	9,15 bA	60,2 bA	27,1 bA
Vegetação Nativa Mata Seca	0-20	2,13 aB	2,60 aB	4,96 aA	2,90 aB	34,8 aB	24,4 aB
	20-40	2,86 aA	3,21 aA	6,37 aA	13,80 aA	50,8 aA	22,8 aA

Letras minúsculas referem-se à comparação entre as profundidades de cada classe de uso, e maiúsculas referem-se à comparação entre as classes de uso em cada profundidade avaliada pelo teste Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Próprio Autor, 2015.

Pavinato *et al.* (2009) afirmam que em sistemas mais conservacionistas, onde não acontece aração do solo, observa-se a proteção da fertilidade do solo e menor ocorrência de processos erosivos, além de promover incrementos na disponibilidade de nutrientes para as plantas. Em estudo realizado nas cidades de Costa Rica-MS e Luziânia-GO, os autores observaram que a capacidade de troca de cátions (CTC) aumentou nas áreas de cultivo agrícola em relação à mata nativa.

Estudando indicadores de qualidade de um solo cultivado com citros, Fidalski *et al.* (2007) observaram que a fertilidade do solo estava concentrada na camada superficial, concordando com os resultados deste estudo. Os autores também verificaram valores elevados de pH, SB e P, ressaltando que esses resultados podem ser conferidos à baixa densidade da vegetação encontrada, além da baixa deposição de material orgânico derivado da vegetação.

Segundo Vezzani e Mielniezuk (2009), práticas aplicadas para aumentar a qualidade do solo promovem um manejo adequado da matéria orgânica do solo. Para os autores, o manejo com práticas conservacionistas para aumentar a matéria orgânica pode, ainda, melhorar a produtividade de toda uma lavoura, além de tornar a produção sustentável e mais rentável.

5 CONCLUSÃO

Houve diminuição da área de vegetação nativa após 11 anos de uso e ocupação do solo nos diferentes assentamentos rurais avaliados no norte de Minas Gerais, caracterizando um aumento significativo de áreas com solo exposto.

O Assentamento Paco Paco, localizado no município de Pirapora, foi aquele que apresentou maior eficiência no uso da terra, apresentando aumento das áreas com culturas, e baixo incremento de áreas com solo exposto.

O uso da terra com culturas agrícolas e, conduzido com aplicação de fertilizantes e manejo adequado do solo, contribuiu para melhoria da qualidade química do solo nos Assentamentos Paco Paco e Poço da Vovó.

Os indicadores de qualidade do solo que foram mais responsivos às intervenções de manejo foram K, P, Ca, MOS, t e T, portanto estes podem ser usados com eficiência para outros estudos de comparação do uso e ocupação do solo.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa revelou que os assentamentos rurais cumprem um papel fundamental na dinamização da economia dos municípios onde estão localizados e na sociedade em geral. Na verdade, a dimensão dos impactos na economia local é determinada principalmente pela quantidade de assentamentos e de famílias assentadas existentes nos municípios. O número de famílias assentadas condiciona o volume de crédito a ser aplicado em cada município bem como o volume de demanda de produtos e serviços que vai ser gerado no comércio local.

Foi possível verificar uma melhor produção e desenvolvimento no Assentamento Paco Paco, localizado em Pirapora (MG). Nesse local, o crescimento significativo de áreas de solo exposto está diretamente relacionado com o aumento de áreas cultivadas.

Acredita-se que políticas de geração de emprego e renda conseguirão melhorar o futuro das famílias assentadas. Políticas de incentivo, com mobilização das prefeituras locais para comprar e distribuir os produtos cultivados nas escolas através da merenda, assim como acontece no Assentamento Paco Paco, em Pirapora/MG, podem gerar condições mais sustentáveis e eficazes para geração de renda.

Contudo, pode-se afirmar ainda que nem todas as famílias assentadas fazem o uso adequado das terras que lhes foram concedidas. Nas visitas de campo foi possível constatar que várias famílias abandonaram suas terras ou as comercializaram de forma ilícita, seja por alegação de falta de incentivos dos órgãos públicos para a agricultura familiar, ou porque foram residir em áreas urbanas. Dessa forma, pode-se inferir que, após a alocação das famílias nos assentamentos rurais, são necessários o monitoramento e o acompanhamento dessas áreas pelos órgãos públicos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDO, M.T.V.N. **Recuperação de áreas degradadas: o exemplo da voçoroca em Pindorama-** Monografia. Curso de Especialização em Geografia e Meio Ambiente-FAFICA/UEL. Catanduva-SP,1999.158p.

ALVARENGA, M. I. N.; DAVIDE, A. C. Características físicas e químicas de um latossolo vermelho-escuro e a sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p.933-942, 1999.

ANDRADE, I. R. A. de. **O Uso de Técnicas de Sensoriamento Remoto na identificação de formas na Região de Porto Rico, Planície de Inundação do Alto Rio Paraná, MS/PR** Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Humanas, Letras e Arte, Departamento de Geografia. Maringá, 2008. 71p.

ANTUNES, A. F. B.; LINGNAU, C. . Avaliação da Acurácia de Mapas Temáticos Oriundos da Classificação Digital. In: IV Simposio de Geoprocessamento, 1997, Sao Paulo, SP. **Anais...**, 1997. v. 1.

BAUMGARDNER, M. F.; STONER, E. R.; SILVA, L. F.; BIEHL, L. L. Reflective properties of soils. In: Brady, N. (Ed). **Advances in Agronomy**, 38. Academic Press, New York, pp. 1-44. 1985.

BETZ, L. **landsat 5 sets guinness world record for 'longest operating earth observation satellite'**. National Aeronautics and Space Administration - NASA. EUA, 2013. Disponível em: <Ahttp://www.nasa.gov/mission_pages/landsat/news/landsat5- uinness.html>. Acesso em: 14 set. 2015.

BLAKE, G.R.; HARTGE, K.H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis.Part 1: Physical and mineralogical methods**. 2.ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p.363-376.

BRASIL. Instituto Nacional da Reforma Agrária. **Assentamentos**. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/assentamento>. Acesso em: 14 set. 2015.

CAMPOS, L. P.; LEITE, L. F. C.; MACIEL, G. A.; IWATA, B. F.; NOBREGA, J. C. A. Atributos químicos de um Latossolo Amarelo sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** (1977. Impressa), v. 46, p. 1681-1689, 2011.

CÂMARA, G.; CASANOVA M. A.; HEMERLY A. S.; MAGALHÃES G. C.; MEDEIROS C. M. B. **Anatomia de Sistemas de Informação Geográfica**. Rio de Janeiro, 1996.

CARNEIRO, M.A.C.; SOUZA, E.D. de; REIS, E.F. dos; PEREIRA, H.S.; AZEVEDO, W.R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.147-157, 2009.

CARVALHO, E. R. de. **A LUTA PELA TERRA NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO/ALTO PARANAÍBA**: da criação dos movimentos socioterritoriais aos assentamentos rurais (1995 – 2005). Monografia IG UFU, Uberlândia, 2007.

CEMIN, G.; PERICO, E.; REMPEL, C. Composição e configuração da paisagem da subbacia do arroio jacaré, Vale do Taquari, RS, com ênfase nas áreas de florestas. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 4, p. 705-711, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-67622009000400013>>. Acesso em: 08 maio 2014.

COELHO, V. H. R.; MONTENEGRO, S. M. G. L.; ALMEIDA, C. N.; LIMA, E. R. V.; RIBEIRO NETO, A.; MOURA, G. S. S. Dinâmica do uso e ocupação do solo em uma bacia hidrográfica do semiárido brasileiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 18, p. 64-72, 2014.

COHEN, J. A. Coefficient of Agreement for Nominal scales. **Educational and Psychological Measurement**. v. 20, n. 1, 1960.

CONCEIÇÃO, P.C.; AMADO, T.J.C. & MIELNICZUK, J. & SPAGNOLLO, E. Qualidade do solo em sistemas de manejo avaliada pela dinâmica da matéria orgânica e atributos relacionados. **R. Bras. Ci. Solo**, n. 29, p. 777-788, 2005.

COURA, S. M. da C. **Mapeamento de vegetação do estado de Minas Gerais utilizando dados MODIS**. Dissertação (Mestrado). Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto, INPE, São José dos Campos, 2007. 174p.

CUNHA, K. L. **Uso de Imagens Landsat e CBERS no Mapeamento da Suscetibilidade à erosão na Região de Primavera do Leste – MT**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá – MT, 2009.

DALMOLIN, R.S.D. **Matéria orgânica e características físicas, químicas, mineralógicas e espectrais de Latossolos de diferentes ambientes**. 2002.

151f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Programa de Pós-graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

DATALUTA – Banco de Dados da Luta pela Terra. **Relatório DATALUTA - Brasil**. Presidente Prudente: FCT-UNESP/NERA, 2011.

DATALUTA – Banco de Dados da Luta pela Terra. **Relatório DATALUTA - Brasil**. Presidente Prudente: FCT-UNESP/NERA, 2010.

DEMATTÊ, J. A. M.; CAMPOS, R. C.; ALVES, M. C. Avaliação espectral de solos desenvolvidos em uma toposequência de diabásio e folhelho da região de Piracicaba, SP. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.12, p.2447-2460, dez. 2000.

DIEGUES, A.C. Desenvolvimento sustentado, gerenciamento geoambiental e de recursos naturais. **CADERNOS FUNDAP**, São Paulo, Ano 9, n. 16, p. 33-45, jun. 1989.

DORAN, J.W.; ZEISS, M.R. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. **Applied Soil Ecology**, v. 15, n.1, p. 3-11, Aug. 2000.

ECHART, C. L.; CAVALLI-MOLINA, S. Fitotoxicidade do alumínio: efeitos, mecanismo de tolerância e seu controle genético. **Ciência Rural**, v. 31, n. 3, p. 531-541, 2001.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Solo. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 2006. 306p.

ENVI. **Guia do Envi em Português**. *Visual Information Solutions: SulSoft Serviços de Processamento de Dados LTDA*, 2007.

FAVERO, C. **Uso e degradação de solos na microrregião de Governador Valadares**. 2001. 80p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2001.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SCAPIM, C. A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, p. 9-19, 2007.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a

classificação de imagens do sensoriamento remoto. **Anais...**, Florianópolis - SC, 2007 p. 5755-5762.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem Complicação**. São Paulo – SP: Oficina de Textos, 2008.

FERREIRA NETO, J. A. ; SOUSA, D. N. ; MILAGRES, C. S. F. ; CARDOSO, P. O. ; AMODEO, Nora Beatriz Presno. **Assentamentos Rurais e Desenvolvimento Econômico: Um estudo sobre o Noroeste de Minas Gerais**. In: 47 Congresso da SOBER, 2009, Porto Alegre. Desenvolvimento rural e sistemas agroalimentares: os agronegócios no contexto de integração das nações, 2009.

FIDALSKI, J.; TORMENA, C. A.; SCAPIM, C. A. Espacialização vertical e horizontal dos indicadores de qualidade para um Latossolo Vermelho cultivado com citros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 9-19, 2007.

FIGUEIREDO, D. **Conceitos Básicos de Sensoriamento Remoto**. Setembro, 2005. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/SIGABRASIL/manuais/conceitos_sm.pdf>. Acesso em: 23 nov. 2015.

FIGUEIREDO, G. C.; VIEIRA, C. A. O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. **Anais ...**, Florianópolis - SC, 2007 p. 5755-5762.

FLORENZANO, T. G. **Iniciação em sensoriamento remoto**. 3ª edição ampliada e atualizada. 3ª. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 128 p, 2011.

FONSECA, V. L.; FONSECA, G. S. **A Paisagem de agonia do Rio Vieira em Montes Claros- MG**. 2012. UNIMONTES – Universidade Estadual de Montes Claros – MG. Montes Claros – MG, 2009.

FREITAS, R. L. Movimentos de Luta pela Terra e as Políticas de Reforma Agrária de Mercado no Estado de Minas Gerais. In: XX Encontro Nacional de Geografia Agrária, 2010, Francisco Beltrão. XX Encontro Nacional de Geografia Agrária. **Anais...**, 2010.

GONZAGA, H. T.; CARVALHO, E. R.; SOUZA, L. C. E.; BENEDETTI, G. M. P. O. E. S.; CLEPS JÚNIOR, J. **A construção de uma metodologia para o estudo da questão agrária em Minas Gerais: o Banco de Dados da Luta pela Terra - DATALUTA**. 2008.

GRIFFITH, J. J.; DIAS, E. L. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, E. L. & MELLO, J. W. V. **Recuperação de áreas degradadas**, Viçosa, UFV, 1998, p. 1 -7.

GUERRA, A. J. T.; CUNHA, S. B. **Geomorfologia**: Uma atualização de bases e conceitos. 4. ed. Rio de Janeiro – RJ: Bertrand Brasil, 2001.

IBGE, INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010.

INCRA. **Projeto de desenvolvimento do assentamento Paco-Paco**. 75p. 2005. (Relatório técnico)

INCRA. **Projeto de desenvolvimento do assentamento Poço da Vovó**. 94p. 1998. (Relatório técnico)

INCRA. **Projeto de desenvolvimento do assentamento Bom Sucesso**. 86p. 2002. (Relatório técnico)

INCRA. **Assentamentos**. 2015. Disponível em: <<http://www.incr.gov.br/assentamento>>. Acesso em: 14 set. 2015.

Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), 1994-2014. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 08 maio 2014.

JOHNSON, M. P. **A typology of domestic violence: Intimate terrorism, violent resistance, and situational couple violence**. Boston: Northeastern University Press, 2008.

KOBIYAMA, M. et al. Áreas degradadas e sua recuperação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.210, p.10-17, maio/jun. 2001.

KLAIS, Thalita Beatriz Antunes; DALMAS, Fabrício Bau; MORAIS, Renata Porto; ATIQUE, Gabriela; LASTORIA, Giancarlo; PARANHOS FILHO, Antônio Conceição. Vulnerabilidade natural e ambiental do município de Ponta Porã, Mato Grosso do Sul, Brasil. **Revista Ambiente & Água**, v. 7, p. 1, 2012.

KÖPPEN, W. **Climatologia**: con un studio de los climas de la tierra. México: Fundo de Cultura Econômica, 1948. 478p.

LAGEA. Laboratório de Geografia Agrária. **Relatórios DATALUTA Brasil 2010**. Disponível em: <<http://www.lagea.ig.ufu.br/relatoriosdatalutabrasil.html>>. Acesso em: 14 set. 2015.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data, Washington, USA. **Biometrics**, v. 33, n. 1, p. 159-174, 1977.

LEÃO, C. ; KRUG, L.A. ; KAMPEL, S.A. ; FONSECA, L. M. G. . Avaliação de métodos de classificação em imagens TM/Landsat e CCD/CBERS para o mapeamento do uso e cobertura da terra na região costeira do extremo sul da Bahia. In: **Anais... XIII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2007, Florianopolis.

LEITE, R. L.; BRITO, J. L. S. Sensoriamento Remoto Aplicado à Análise Temporal da Relação uso da Terra / Temperatura e Albedo de Superfície na Bacia do Rio Vieira no Norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Climatologia**, Ano 8, v. 10, p. 98-120, 2012.

LEITE, E. F.; ROSA, R. Análise do uso, ocupação e cobertura da terra da bacia hidrográfica do Rio Formiga, Tocantins. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.4, n.12. 2012, p. 90-106.

LEITE, M. E.; SANTOS, I. S.; ALMEIDA, J. W. L. Mudança de Uso do Solo na Bacia do Rio Vieira, em Montes Claros/MG. **Revista Brasileira de Geografia Física**, 04, p. 779-792, 2011.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Uniderp, 2006. 908p.

LOUREIRO, E. V. C.; SIQUEIRA, F. C.; DIAS, M. C. S.; CORREIA, P. R. B. **Deteção de mudanças no uso e cobertura do solo entre os anos de 2004 e 2009 na Cidade do Rio de Janeiro**. Coordenadoria Geral de Planejamento Urbano – CGPU. Núcleo de Indicadores Assessoria de Informação Urbanística – AIU. 2011.

LOPES, F.; MIELNICZUK, J.; BORTOLON, E. S. O.; TORNQUIST, Carlos Gustavo. Evolução do uso do solo em uma área piloto da região de Vacaria; RS. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** (Online), v. 14, p. 1038-1044, 2010.

LYNCH, J. M. **Biotecnologia do solo: fatores agrobiológicos na produtividade agrícola**. São Paulo: Manole, 1986. 209p.

MALDONADO, F. D.; SANTOS, J. R.; CARVALHO, V. C. Rotação Espectral Controlada como alternativa em Análise por Componentes Principais para detecção de mudanças em regiões do semiárido. In: **Anais... X SIMPÓSIO**

BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, Foz do Iguaçu, 2001, p. 627-630.

MADEIRA NETTO, J.S. Comportamento espectral dos solos. In: MENESES, P.R.; MADEIRA NETTO, J.S. **Sensoriamento remoto** - reflectância dos alvos naturais. Brasília, DF : UnB; Planaltina: EMBRAPA Cerrados, 2001. p.127-147.

MARTE, C. L.; QUINTANILHA, J. A.; RODRIGUES, M. **Atividade Prática: Laboratório de Classificação Supervisionada de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP, 2011.

MENESES, P. R.; ALMEIDA, T. **Introdução ao Processamento de Imagens de Sensoriamento Remoto**. Universidade Federal de Brasília – UnB. Brasília – DF, 2012.

MME. Elaboração do Plano Duo-Decenal de **Geologia, Mineração e Transformação Mineral** - PDGMT 2010/2030. Perspectiva Mineral. Ano I. n. 1, 2009.

MORAIS, E. C.; Ávila, J. **Curso de uso de sensoriamento remoto no estudo do meio**. São José dos Campos – SP: Instituto Nacional de Pesquisa Espacial, cap. 1, p 1-22, 2002.

MOTA, S. **Gestão Ambiental de Recursos Hídricos**. 3. ed. Rio de Janeiro - RJ: ABES, 2008.

NASA. **Science**. National Aeronautics and Space Administration - NASA. EUA, 2013. Disponível em: <<http://landsat.gsfc.nasa.gov/about/science.html>>. Acesso em: 20 fev. 2013.

NASCIMENTO, R. F. F.; ALCÂNTARA, E. H.; KAMPEL, M. STECH, J. L.; NOVO, E. M. L. M.; FONSECA, L. M. G. O algoritmo *Support Vector Machines (SVM)*: Avaliação da separação ótima de classes em imagens CCD-CBERS-2. **Anais ...**, Natal, Brasil, 2009. p. 079-2086, 2009.

NASCIMENTO, P. C.; BISSANI, C. A.; LEVIEN, R.; FINATO, T.; MEDEIROS, P. S. C. Influência do Uso da terra em atributos físicos e químicos do solo na Serra do Sudeste - RS. **Cadernos de Agroecologia**, v.8, p.1-6, 2013.

NOVO, E. M. L. M.; PONZONI, F. J. **Introdução ao Sensoriamento Remoto**. São José dos Campos: INPE, 2001.

NOVO, E.M.L. de M. **Sensoriamento remoto: Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgar Blücher, 2002.

NOVO, E. M. L. de M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. Editora Edgard Blücher Ltda. 4. ed. São Paulo, 2010.

OLIVEIRA, G.; GUASSELLI, L. A.; CUNHA, M. C.; SALDANHA, Dejanira Luderitz. Análise comparativa do desempenho de algoritmos de classificação para o mapeamento de áreas de cultivo de banana. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba - PR. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 2011.

OLIVEIRA, J. C. **Índice para avaliação de segmentação (IAVAS): uma aplicação em agricultura**. 2002. 160 p. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos. 2002. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/pgsere/Oliveira-J-C-2002/publicacao.pdf>>. Acesso em: 08 jul. 2015.

OLIVEIRA, J.C.; LUIZ, A. J.B.; FORMAGGIO, A.R.; EPIPHANIO, J.C. N. Avaliação e comparação quantitativa de segmentações por meio do índice IAVAS. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 11, 2003, Belo Horizonte. **Anais**. São José dos campos: INPE, 2003

PAE. **Plano de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca de minas gerais**. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Coordenação de Combate à Desertificação; Secretaria Executiva 2010.

PAN-BRASIL. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca**. Ministério do Meio Ambiente - Secretaria de Recursos Hídricos. 2004. 213 p.

PAE. **Plano de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca de minas gerais**. Ministério do Meio Ambiente – MMA, Coordenação de Combate à Desertificação; Secretaria Executiva 2010.

PAVINATO, P. S.; MERLIN, A. & ROSOLEM, C. A. Disponibilidade de cátions no solo alterada pelo sistema de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, n. 4, p.1031-1040, 2009

PELUZIO, T. M. O.; SAITO, N. S.; KLIPPEL, V. H.; SOUZA, S. M.; SANTOS, A. R. **Utilização de algoritmos de classificação supervisionada no mapeamento do uso e cobertura da terra no aplicativo computacional Spring 5.1.6**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011.

PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e Saúde Pública: Integrando Homem e Ambiente. In: PHILIPPI JR., A. (Ed). **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005, p.3-32.

PONTIUS JR, ROBERT GILMORE AND BETH SUEDEMEYER. Components of agreement in categorical maps at multiple resolutions. In: ROSS, S. L.; LYON, J. G. (eds). **Remote Sensing and GIS Accuracy Assessment**. CRC Press: Boca Raton F, 2004, p 233-251.

PONTIUS JR, R. G. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, vol. 66, p. 1011, 2000.

QUEIROZ JUNIOR, V. S. ; OLIVEIRA, R. M. ; CARVALHO, L. S. ; BENINCA, M. C. . **Geotecnologias Aplicadas ao Levantamento de Uso do Solo em Assentamento de Reforma Agrária, Sudoeste de Goiás**. In: XXI Encontro Nacional de Geografia Agrária - ENGA, 2012, Uberlândia - MG. Anais XXI ENGA. Uberlândia - MG: Editora da Universidade Federal de Uberlândia, 2012. p. 1-11.

SAMPAIO, A. B. **Efeito de borda nas espécies arbóreas de uma floresta estacional decidual no Vale do Paraná**. 2001. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ecologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2001.

SANN, J. G. O Papel da Cartografia Temática nas Pesquisas Ambientais. **Revista do Departamento de Geografia**, n. 16, p. 61-69, 2005.

SANTOS, A. L. C.; SANTOS, F. Mapeamento das Classes de Uso e cobertura do Solo da Bacia Hidrográfica do Rio Vaza-Barris, Sergipe. **Revista Multidisciplinar da UNIESP - Saber Acadêmico**, n. 10, 2010.

SEBUSIANI, H. R. V.; BETTINE, S. C. Metodologia de análise do uso e ocupação do solo em micro bacia urbana. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 7, p. 256-285, 2011.

SHIBA, M. H.; SANTOS, R. L.; QUINTANILHA, J. A. KIM, H. Y. Classificação de imagens de sensoriamento remoto pela aprendizagem por árvore de decisão: uma avaliação de desempenho. In: XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2005, Goiânia, **Anais...** Goiânia: 2005. p.4319-4326.

SIQUEIRA, J. O.; MOREIRA, F. M. S.; GRISI, B. M.; HUNGRIA, M; ARAUJO, R. S. **Microrganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA, 1994. 142p.

SIMÕES, K. S.; ALMEIDA, A.T.; PEIXOTO, M. F. S. P.; ALMEIDA, J. R. C. de; PEIXOTO, C. P. Policultivo e sua Influência em Alguns Atributos Físicos e Químicos do Solo. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, p. 1484-1492, 2014.

SOUZA, J. R.; REIS, L. N. G. Mapeamento e Análise do Uso dos Solos no Município de Ibiá – MG Utilizando o Software SPRING 5.1.8: Análise da dinâmica agropecuária. **Revista Eletrônica de Geografia**, v.3, n.8, p.141-163, dez. 2011

TAURA, T. A.; ALVAREZ, I. A.; SA, I. B.; PEREIRA, L. A.; SANTOS, S. M. **Sensoriamento Remoto na Análise da Expansão do Uso e Ocupação do solo em Petrolina-PE**. In: XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2011, Curitiba. Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Curitiba, 2011. p. 6939-6946.

TSO, B.; MATHER, P. **Classification methods for remotely sensed data**. Danvers: Taylor & Francis Group, 2009.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. U.S. **Geological Survey Groundwater Information Systems for Colorado, Kansas, Nebraska, New Mexico, Oklahoma, South Dakota, Texas, and Wyoming**: U.S. Geological Survey digital data, 2012a.

U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **National Water Information System**: U.S. Geological Survey digital data. Internal network from January to March, 2012b.

VAEZA, R. F.; MAIA, A. G.; OLIVEIRA FILHO, P. C. Uso e Ocupação do Solo em Bacia Hidrográfica Urbana a partir de Imagens Orbitais de Alta Resolução. **Floresta e Ambiente**, v. 17, p. 23-29, 2010.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 743-755, 2009.

ZALAMENA, J. **Impacto do uso da terra nos atributos químicos e físicos de solos do rebordo do planalto – RS**. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Maria, 2008.