CEG
Centro de Estudos Geográficos

Finisterra, LIII, 107, 2018, pp. 27-50
ISSN: 0430-5027
doi: 10.18055/Finis10618
Artigo

ÁREAS PRIORITÁRIAS PARA REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA NO ESTADO DA BAHIA (BRASIL)

Luís Antônio dos Santos[1]
Osmar Abílio de Carvalho Júnior[2]
Renato Fontes Guimarães[3]
Roberto Arnaldo Trancoso Gomes[2]

RESUMO – Propriedade e títulos de terra no Brasil é um sério problema, onde a ausência de uma situação legal provoca êxodo rural, insegurança jurídica e a impossibilidade de crédito para atividades agrícolas. O objetivo dessa pesquisa foi desenvolver uma metodologia de análise de decisão multicritério na seleção de áreas prioritárias para regularização fundiária no Estado da Bahia (Nordeste Brasileiro). As variáveis municipais utilizadas foram: índice de desenvolvimento humano municipal, valor bruto de produção, número de fazendeiros sem os documentos da terra (posseiros), estabelecimentos familiares, declividade e propriedades cadastradas. No processamento dos dados foram utilizados os métodos de análise multicritério (AMC), *Analytic Hierarchy Process* (AHP) e *Fuzzy-AHP*. O resultado final foi um mapa de síntese cartográfica proveniente da média aritmética desses modelos, contendo as seguintes classes de prioridade: alta, média, baixa e não prioritária. O método proposto determinou 128 municípios prioritários para ações imediatas de regularização fundiária com índice acima de 0,66. Um recorte acima de 0,80 selecionou 22 municípios considerados como extremamente prioritário. Esses municípios prioritários formam um padrão espacial contínuo ao longo da depressão do rio São Francisco. A grande quantidade de posses e a baixa quantidade de áreas cadastradas no Estado da Bahia indica a importância de ações sistemáticas de georreferenciamento e regularização fundiária.

Palavras-chave: Bahia/Brasil; cadastro de terra; análise multicritério; AHP; Fuzzy-AHP.

Recebido: janeiro 2017. Aceite: outubro 2017.

[1] Analista em Reforma e Desenvolvimento Agrário do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária, Núcleo de Estudos e Estatísticas Cadastrais, SBN Quadra 1 Bloco D, Ed. Palácio do Desenvolvimento, 12º Andar, Sala 1214, Brasília, Distrito Federal, Brasil. E-mail: lantonio.net@gmail.com

[2] Professor Associado do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, Brasil. E-mail: osmarjr@unb.br; robertogomes@unb.br

[3] Professor Titular do Departamento de Geografia da Universidade de Brasília, Brasil. E-mail: renatofg@unb.br

ABSTRACT – PRIORITY AREAS FOR LAND REGULARIZATION IN THE STATE OF BAHIA (BRAZIL). Property and land titles in Brazil is a serious problem, where the absence of a legal situation causes a rural exodus, legal insecurity and the impossibility of obtaining credit for agricultural activities. The objective of this research was to develop a methodology of multiple-criteria decision analysis in the selection of priority areas for land regularization in the State of Bahia (Northeast Brazil). The municipal variables used in the model were: municipal human development index, gross production value, the number of farmers without land documents, the proportion of family farms, slope, and registered properties. The data processing methods used were the Analytic Hierarchy Process (AHP) and Fuzzy AHP. The result was a cartographic synthesis map based on the arithmetic mean of these models, containing the following priority classes: high, medium, low and non-priority. The proposed method determined 128 priority municipalities for immediate land regularization actions with a threshold value exceeding 0.66 and 22 extremely priority municipalities with a threshold higher than 0.80. These priority municipalities have a continuous spatial pattern along the São Francisco river depression. The large number of possessions and the small number of registered areas in the State of Bahia indicate the importance of systematic actions for the spatial registration and the land regularization.

***Keywords*:** Bahia/Brazil; land registry; multicriteria analysis; AHP; Fuzzy-AHP.

RÉSUMÉ – DOMAINES PRIORITAIRES DE LA RÉGULARISATION DE L'ENVIRONNEMENT DANS L'ÉTAT DE BAHIA (BRÉSIL). Les titres de propriété et de la terre au Brésil est un problème grave, où l'absence d'une situation juridique provoque l'exode rural, l'insécurité juridique et crédit d'incapacité pour les activités agricoles. La présente recherche possède comme objectif développer une méthodologie d'analyse multi-critères dans le choix des domaines prioritaires pour la régularisation des terres dans l'État de Bahia (nord-est Brésilien). Les variables municipales utilisées ont été: indice de développement humain municipal, valeur grossière de production, nombre d'agriculteurs sans les documents de la terre (possessionnels), établissements familiers, déclivité et propriétés cadastrées. Dans le traitement des données ils ont été utilisés à *Analytic Hierarchy Process (AHP)* et à *Fuzzy AHP*. Le résultat final a été une carte de synthèse cartographique provenant de la moyenne arithmétique de ces modèles, en contenant les suivantes classes de priorité: augmentation, moyenne, basse et non prioritaire. La méthode proposée a déterminé 128 villes prioritaires pour actions immédiates de régularisation agraire avec indice au-dessus de 0.66. Un découpage au-dessus de 0.80 a sélectionné 22 villes considérées comme extrêmement prioritaire. Ces villes prioritaires forment une norme spatiale continue au long de la dépression du fleuve San Francisco. La grande quantité de possessions et la basse quantité de secteurs cadastrés dana l'État de la Bahia indiquent l'importance d'actions systématiques de géoréférenciation et la régularisation agraire.

Mots clés: Bahia/Brésil; cadastre foncier; analyse multicritère; AHP; Fuzzy AHP.

I. INTRODUÇÃO

Os Programas de Regularização Fundiária no Brasil fazem parte de uma série de medidas promovidas e fomentadas pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) em parceria com os estados e municípios, visando os seguintes propó-

sitos: assegurar o pleno direito da função social da propriedade, garantir moradias, criar empregos, desenvolver políticas agrícolas, incentivo fiscal, credito rural e assistência técnica (Cassettari, 2015). Esses programas focam na permanência dos habitantes locais nas áreas atendidas e na segurança jurídica, expedindo títulos definitivos de propriedade para evitar a realização de títulos falsos de terras e o êxodo rural (Rambo, 2005). Complementarmente, a garantia de financiamentos bancários com taxas de juros mais acessíveis para o pequeno produtor rural possibilita mitigar os conflitos pela posse da terra e a pobreza extrema. Geralmente, estas medidas resultam nos seguintes benefícios: impulso ao desenvolvimento local e regional, melhora da qualidade de vida das famílias atendidas, aumento da renda mínima e inserção dos agricultores familiares ao sistema produtivo (Rezende & Guedes, 2008; Guedes & Reydon, 2012). No entanto, os investimentos iniciais no desenvolvimento podem levar à dinâmica de concentração e monopólio no decorrer do tempo (Harvey, 2014). Portanto, o monitoramento das terras deve ser um processo contínuo de gestão e ordenamento territorial (Andrade, 2013).

Conforme o Estatuto da Terra, Lei 4 504 (Brasil, 1964), o Estado deve regularizar ou arrecadar as terras devolutas (Cassettari, 2015), basicamente áreas não registradas no cartório de registro de imóveis (Michelini, 2012), criando um estoque estratégico de terras que podem ser reordenadas de diversas formas, como por exemplo: criação de unidades de conservação ambiental e assentamento de reforma agrária. A questão da regularização fundiária e das terras devolutas é considerada desde 1976, através da Lei Federal 6 383 (Brasil, 1976), mas continua sendo um problema atual. Segundo Medeiros, Gomes e Albuquerque (2012), a estrutura fundiária da região Nordeste, especialmente no Estado da Bahia, não houve praticamente nenhuma alteração entre o período de 1970 e 2006, data do último censo agropecuário, mantendo as desigualdades sociais e a perda de produtividade. Além das limitações físicas do Estado da Bahia, a desigualdade na repartição da terra e a falta da regularização fundiária (titulação) são importantes entraves para o desenvolvimento socioeconômico estadual (Leão, 1987).

Os processos de regularização, distribuição e redistribuição de terras aceleram a compra, venda e arrendamentos, aprimorando a dinâmica fundiária através do aumento do fluxo de negócios do mercado fundiário (Deininger, Hilhorst, & Songwe, 2014; Newman, Tarp, & Broeck, 2015). O registro da terra pelo proprietário rural inclui como possibilidade o penhor de colheitas pendentes e a hipoteca da propriedade para obtenção de crédito para as atividades agrícolas (Michelini, 2012). Além disso, o surgimento de empreendimentos mais produtivos gera empregos mais especializados com características distintas das anteriores, que modificam culturalmente a tradicional paisagem rural (Deininger *et al*., 2014). Aproximadamente 400 mil imóveis do Estado da Bahia encontram-se classificados sob as formas de posse (INCRA, 2015): posse a justo título, posse por simples ocupação e, devido ao conceito de uso de imóvel rural (propriedade e posse).

A governança fundiária possui cinco áreas-chaves (Newman *et al*., 2015): (a) direitos sobre a terra; (b) ordenamento do território; (c) gestão e tributação; (d) reforma agrária e; (e) prestação pública de informações geoespaciais sobre o território. Dessa forma, uma das etapas da regularização fundiária é o cadastramento georreferenciado dos imóveis

rurais (Kaufmann & Steudler, 1998), através de ações discriminatórias (Dias, 2007), chamadas de varredura, ou adjudicação sistemática (Bogaerts & Zevenbergen, 2001). O cadastramento possibilita conhecer o território de forma precisa e completa, delimitando áreas passíveis de consolidação, separando a terra pública da terra privada, demarcando áreas sujeitas à remoção ou assentamento. O cenário ideal seria o país conhecer a totalidade das parcelas que compõem o seu território (Soto, 2001; Hasenack, 2013). Consequentemente, a falta do cadastramento e regularização fundiária na escala nacional e a impossibilidade de se fazer essas ações para todo o território em curto prazo, devido a sua dimensão continental, torna a priorização de áreas uma etapa fundamental, incluindo a opção pelos menos favorecidos.

A análise multicritério incorporada em um Sistema de Informação Geográfica (SIG) é uma ferramenta adequada para a prospecção espacial, que possui um caráter semiótico para a diferenciação de áreas (Schier, 2003). Essa abordagem permite aos tomadores de decisão formular problemas complexos em diversos níveis hierárquicos, podendo ponderar elementos contraditórios como, as diferenças regionais, socioeconômicas ou ambientais (Collins, Steiner, & Rushman, 2001). Na análise multicritério um modelo matemático muito utilizado é o *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1980; 2008; Saaty & Zoffer, 2012). Vários estudos focam nos aspectos conceituas e axiomáticos do AHP (Crawford & Willians, 1985; Wang & Elhag, 2006), enquanto outros na sua aplicação (Saaty, 1980; Saaty & Zoffer, 2012). A decisão multicritério envolve um processo de múltiplos estágios: (a) a definição dos objetivos; (b) a escolha dos critérios para medir ou alcançar os objetivos; (c) a escolha das alternativas possíveis; (d) a atribuição ou ponderação dos pesos associados aos critérios escolhidos; (e) a aplicação de um algoritmo matemático para classificar as alternativas dentro dos parâmetros escolhidos (Mosadeghi, Warnken, Tomlinson, & Mirfenderesk, 2015).

Outra abordagem para aumentar as possibilidades de julgamentos é o emprego da *Fuzzy-AHP* baseado na entropia de Shannon (Shannon, 1949), que tem sido utilizada em diversos trabalhos (Linhares, Gussen, & Ribas, 2012; Mosadeghi *et al*. 2015). O presente trabalho possui como objetivo utilizar a análise multicritério no apoio à tomada de decisão para seleção de áreas prioritárias para regularização fundiária no Estado da Bahia, adotando uma combinação dos modelos matemáticos AHP e *Fuzzy-AHP*, em um ambiente de SIG.

II. ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo é o Estado da Bahia, com 417 municípios, contendo 564 693km^2 e população de 14 milhões de habitantes (IBGE, 2010), onde 4 milhões de habitantes vivem na mesorregião Metropolitana da capital Salvador. O Estado situa-se ao sul da região Nordeste, fazendo limite com oito Estados brasileiros e possuindo três biomas (Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica), que caracterizam diferentes contextos físicos (relevo, chuva, vegetação), mas também, econômicos, sociais e culturais (fig. 1).

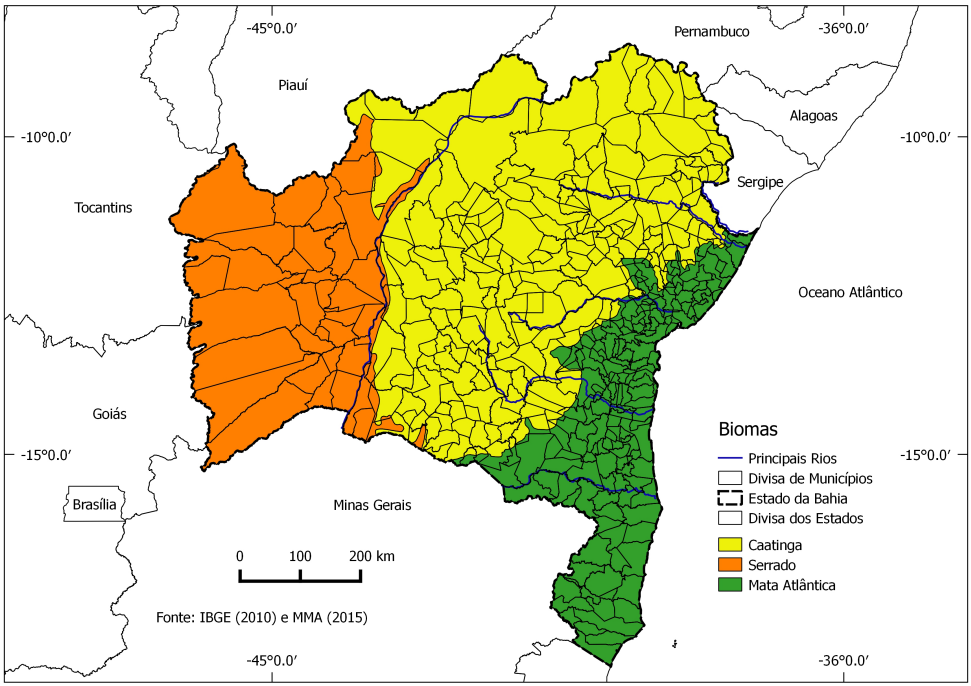


Fig. 1 – Mapa dos biomas no Estado da Bahia. Figura a cores disponível online.

Fig. 1 – Map of the biomes in the Bahia State. Colour figure available online.

No Estado da Bahia predomina o clima tropical. A precipitação máxima na Mata Atlântica ocorre nos meses de inverno (março – setembro), podendo atingir em determinados locais valores superiores a 2600 milímetros (Diez, 2011). Na região da Caatinga, o clima é semiárido com máxima precipitação no verão (400 e 800 milímetros) e possui uma estação seca que perdura quatro a dez meses, mas nas localidades com precipitação inferior a 600 milímetros não existe um padrão regular de chuvas (Leão, 1987; Diez, 2011). Na região de Cerrado, as chuvas aumentam na direção da serra do Espigão Mestre, atingindo 1000 milímetros anuais (Diez, 2011).

O território da Bahia envolve partes do Planalto Central e Nordestino, com altitudes médias variando entre 300 e 1 000m acima do nível do mar (Leão, 1987) (fig. 2). A região da Chapada Diamantina, prolongamento da Serra do Espinhaço, divide as bacias hidrográficas do Leste e do Oeste. O rio São Francisco é o principal rio da bacia do Oeste, nasce no Estado de Minas Gerais e cruza a Bahia no sentido sul-norte. Na bacia do Leste existem vários rios importantes, mas o principal é o rio Paraguaçu, com 600km de extensão, nasce na Chapada Diamantina e desagua na baía de Todos-os-Santos, integrando vários municípios do Recôncavo Baiano desde o início da ocupação do território (Diez, 2011; Andrade, 2013).

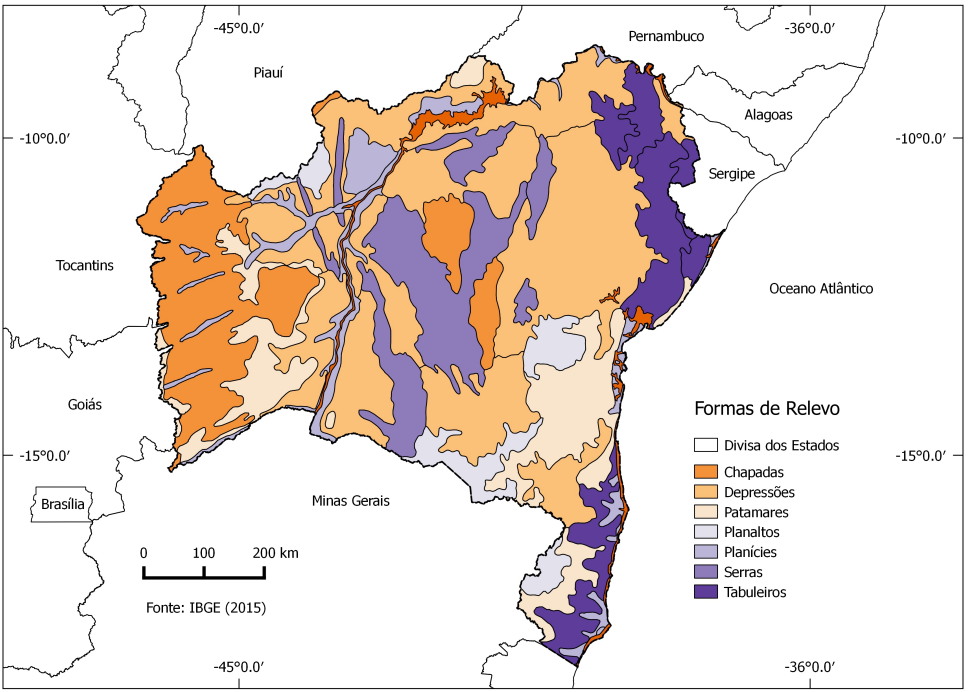


Fig. 2 – Mapa geomorfológico do Estado da Bahia. Figura a cores disponível online.

Fig. 2 – Geomorphological map of the Bahia State. Colour figure available online.

O processo de ocupação do Estado da Bahia começou em 1549 com a chegada de Tomé de Souza, o primeiro governador do Brasil, estabelecendo o Governo Central no Estado. Por volta de 1570 já se observava os efeitos espaciais da política colonial portuguesa (Leão, 1987) (fig. 3). A distribuição dos engenhos e a expansão da cana de açúcar, pelo Recôncavo baiano, forçou a interiorização (Leão, 1987; Andrade, 2013). A evolução da divisão da terra até 1900 descreve o processo de ocupação do território (Leão, 1987). A região agrícola do Oeste da Bahia foi incorporada ao Estado em 1827 e transformou-se a partir de 1990 em um eixo de expansão do agronegócio (Oliveira, de Carvalho Júnior, Gomes, Guimarães, & Mcmanus, 2016; 2017). Neste contexto, o Governo Federal criou o plano de desenvolvimento Agropecuário do MATOPIBA, região que abrange o bioma Cerrado dos estados do Maranhão, Tocantins, Piauí e Bahia e possui uma alta produção de grãos e fibras (Brasil, 2015).

A certificação dos imóveis Rurais (INCRA, 2015) evidencia um grande vazio cartográfico cadastral, principalmente na região central do Estado. Nessa região ainda persiste o dualismo Latifúndio-Minifúndio, onde o índice de Gini aumentou de 0,801 para 0,840 entre 1967 a 2006 (Pochmann, 2015). O Estado da Bahia possui em 2016 quase 600 mil imóveis com áreas abaixo de 4 módulos fiscais, que deverão ser georreferenciados segundo a Lei 10 267 (Brasil, 2001), pelo INCRA, somando com as posses quase 1 milhão de imóveis, como área conhecida, que precisarão ser regularizados (fig. 3).

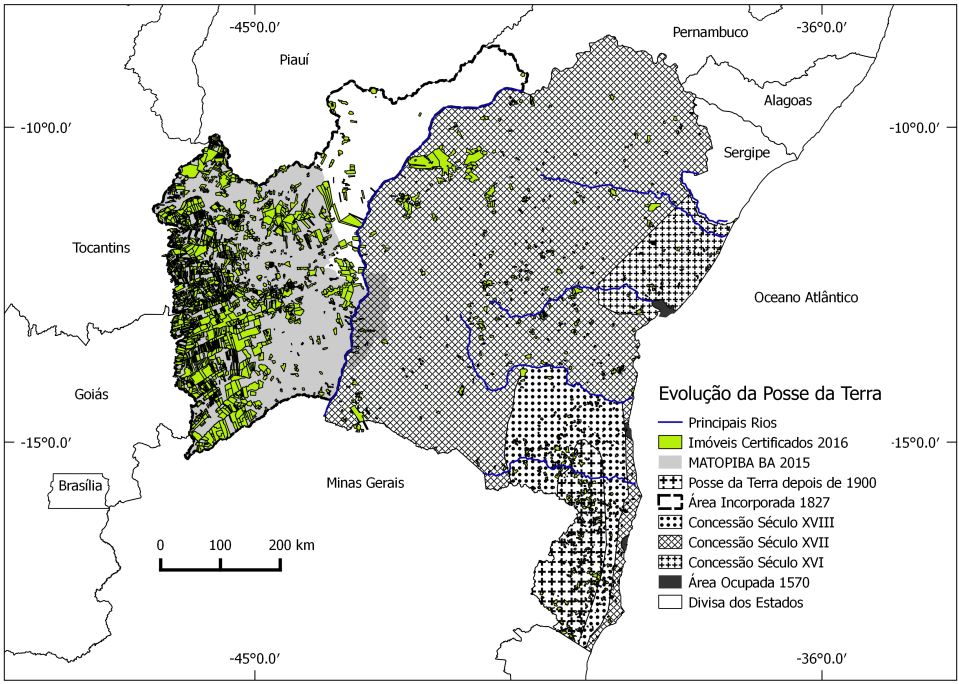


Fig. 3 – Mapa da evolução sequencial da posse da terra do Estado da Bahia no período 1549-2016. Figura a cores disponível online.

Fig. 3 – Map of the sequential evolution of land tenure in the Bahia State over the period 1549-2016. Colour figure available online.

III. MATERIAIS E MÉTODOS

1. Dados

As seguintes variáveis foram utilizadas: (a) estrutura fundiária (número de imóveis e área) (INCRA, 2015); (b) estabelecimento familiares e não familiares, imóveis abaixo de quatro módulos fiscais (IBGE, 2006); (c) área das classes de declividade (CPRM, 2010); (d) valor bruto de produção (em Mil R$, equivalendo 0,3 US$) proveniente da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 2013); e (e) Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) (PNUD, 2010). Os dados de entrada foram tabulados em uma matriz com 417 linhas por 25 colunas (quadro I).

1.1. Estrutura fundiária SNCR

O Cadastro Rural no Brasil surgiu a partir da Lei 4 504/64 (Estatuto da Terra) e adota o conceito de Imóvel Rural, que pode ser subdividido em empresa rural e propriedade

familiar. A empresa rural é o empreendimento de pessoa física ou jurídica, pública ou privada, que explora de forma econômica e racional o imóvel rural. A propriedade familiar é o imóvel rural que direta e pessoalmente é explorado pelo agricultor e sua família, garantindo-lhes a subsistência e o progresso social e econômico.

Quadro I – Variáveis utilizadas na AHP.

Table I – Variables used in AHP.

Variáveis	Ano	Fonte	Tipo
Município	2010	IBGE	Vetorial
Estabelecimentos Familiares/Não Familiares	2006	IBGE	Numérico
Pesquisa Agrícola Municipal (PAM)	2013	IBGE	Numérico
Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M)	2010	PNUD	Numérico
Estrutura Fundiária	2015	INCRA	Numérico
Declividade	2010	CPRM	Raster

O imóvel rural expressa a dimensão geométrica e a situação geográfica ou física, considerando as formas e as condições de aproveitamento econômico (Cassettari, 2015). Com o propósito de estabelecer uma medida mais adequada para comparar imóveis rurais foi estabelecido o módulo rural, que é calculado separadamente para cada imóvel e reflete o tipo de exploração predominante na região. Neste contexto, a Constituição Federal (CF) de 1988 e a Lei 8 629/03 (Lei da Reforma Agrária) consideram os imóveis rurais a partir do conceito de módulo fiscal, que é a área mediana dos módulos rurais para cada Município. Essa lei estabelece as seguintes classes: (a) pequena propriedade, o imóvel rural com área compreendida entre 1(um) e 4 (quatro) módulos fiscais; (b) média propriedade, o imóvel rural com área superior a 4 (quatro) e até 15 (quinze) módulos fiscais; e (c) grande propriedade, o imóvel rural com área superior a 15 (quinze) módulos fiscais. Os imóveis rurais também podem ser divididos em duas categorias: (a) propriedade (com título regularizado, expressando a posse e o domínio) e (b) posse. A categoria posse é subdividida em: posse por simples ocupação (ocupação mansa e pacífica), posse a justo título (que irradia boa-fé), e devido à natureza de uso contínuo, a condição de sobreposição entre propriedade e posse.

O SNCR é um cadastro literal e declaratório, mas obrigatório para todos os imóveis rurais. O cadastro era realizado através do preenchimento do formulário de Declaração para Cadastro de Imóveis Rurais (DP), nas Unidades Municipais de Cadastro (UMC), contendo informações sobre o imóvel (área e perímetro), sobre o uso e sobre o proprietário, ou detentor. Com a implantação do Cadastro Nacional de Imóveis Rurais (CNIR), o cadastro tornou-se eletrônico e as informações passam a ser cruzadas com os dados declaratórios do imposto de renda da Receita Federal. Entretanto, ainda não existe uma conexão efetiva entre esses dados.

1.2. Estabelecimento familiares e não familiares

A Lei 11 326 (Brasil, 2006) criou mais duas categorias, os Estabelecimentos Familiares e não Familiares, que são imóveis com área inferior a 4 módulos fiscais (Pequena Propriedade) com a utilização de mão de obra predominantemente familiar ou de comunidades tradicionais. A referida lei concedeu alguns benefícios a estas propriedades, mas infelizmente não tocou na questão da regularização fundiária.

1.3. Classes de declividade

O mapa de declividade adotado foi o do Serviço Geológico do Brasil (CPRM, 2016), contendo seis classes de declividade conforme o critério da EMBRAPA (1979) (quadro II). O mapa da CPRM foi gerado utilizando o modelo digital de elevação da *Space Shuttle Topographic Mission* (SRTM) com resolução espacial de 90m (Van Zyl, 2001). As classes de declividade foram vetorizadas e recortadas para cada município usando o programa Quantum GIS (Graser, 2013).

Quadro II – Classificação da declividade.
Table II – Slope classification.

Declividade	Discriminação do Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave Ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte Ondulado
45 – 75	Montanhoso
> 75	Escarpado

Fonte: EMBRAPA (1979)

1.4. Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M)

O IDH-M é uma medida de longo prazo que considera três dimensões: longevidade, educação e renda (PNUD, 2010). O índice varia de 0 até 1, quanto mais perto de 1 maior é o desenvolvimento humano. É considerado adequado para avaliar o estágio de desenvolvimento social dos municípios e pode ser usado para orientar políticas públicas.

1.5. Valor Bruto de Produção (VBP)

O valor bruto de produção (em Mil R$, equivalendo 0,3 US$) foi extraído do Sistema IBGE de Recuperação Automática (SIDRA), referentes a Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 2013). Os dados da VBP são obtidos através de entidades públicas e privadas, envolvendo produtores, técnicos ou órgão ligados aos setores de produção. É um sistema de informação que reflete a realidade econômica dos 5 565 municípios brasileiros.

2. Determinação e análise das variáveis

Na análise das áreas prioritárias para a regulamentação fundiária foram estabelecidos seis critérios principais, compostos pelos atributos IDH-M e VBP somados de quatro índices formulados nessa pesquisa (posse, estabelecimento familiar, área cadastrada e declividade). A escolha das variáveis IDH-M e VBP buscou refletir o que determina o artigo 186 da Constituição Federal quando trata a função social da propriedade, sob quatro aspectos: (a) aproveitamento racional; (b) utilização adequada dos recursos naturais; (c) observância das disposições que regulam as relações de trabalho; e (d) bem-estar do trabalhador.

Os índices foram desenvolvidos para sintetizar a maior proporção de famílias e áreas presentes nos municípios com carência de cadastramento. A necessidade de aparto jurídico é restrita a categoria de posse, pois a propriedade particular já possui regularização fundiária. Dessa forma, é importante estabelecer um índice de quantidades de posseiros (incluindo posse por simples ocupação, posse a justo título e propriedade e posse) existente no município em relação ao total de imóveis rurais. Esse índice permite estabelecer os municípios com maior demanda relativas de famílias para a aquisição da titulação de terras. O índice de posse (IPos) por município foi calculado considerando o número de posses (NPos) e o número de propriedades (NProp) pela seguinte equação:

$$IPos = NPos / (NPos + NProp) \quad \text{(eq. 1)}$$

Outro fator importante é quantificar os estabelecimentos familiares, que conforme o Censo Agropecuário de 2006 possui uma área não superior a 4 módulos fiscais, sendo constituída principalmente por pequenos agricultores que necessitam prioridades para serem incluídos em programas de desenvolvimento local. Os imóveis abaixo de 4 módulos fiscais, segundo a Lei 10 267, são de responsabilidade do Governo Federal. O índice de estabelecimentos familiares (IEF) relaciona o número estabelecimentos familiares (NEF) e o número estabelecimentos não familiares (NENF), descrito pela equação:

$$IEF = NEF / (NEF + NENF) \quad \text{(eq. 2)}$$

O índice de declividade (ID) estabelece a relação entre a soma das classes de declividade alta (fortemente ondulado, montanhoso e escarpado) (SDA) com a soma de todas as classes de declividade (SD). Este índice procura estabelecer áreas que não são de interesses para ações de regularização fundiária.

$$ID = SDA / SD \quad \text{(eq. 3)}$$

O índice de área cadastrada (IC) estabelece a relação entre a área cadastra no SNCR (ASNCR) e a área do município (AM). Este índice permite estabelecer a proporção real do município já cadastrado:

$$IC = (AM– ASNCR) / AM \quad \text{(eq. 4)}$$

As variáveis por serem oriundas de diferentes fontes e dimensões foram colocados em uma mesma escala entre 0 e 1, considerando a sua relação direta ou inversa com as áreas prioritárias para a regularização fundiária, adotando as equações 5 e 6:

$$\text{Direta} = \frac{\text{Valor_i} - \text{Valor_mínimo}}{\text{Valor_max} - \text{Valor_min}} \quad \text{(eq. 5)}$$

$$\text{Inversa} = \frac{\text{Valor_max} - \text{Valor_i}}{\text{Valor_max} - \text{Valor_min}} \quad \text{(eq. 6)}$$

Complementarmente, as variáveis selecionadas foram comparadas em uma matriz de correlação de Person, utilizando o pacote Corrplot do Sistema Estatístico R (Murdoch & Chow, 1996; Friendly, 2002).

3. Análise Multicritério

O AHP é uma ferramenta muito útil e simples de usar. A AHP é recomendada em duas situações (Bolloju, 2001): (a) para dar suporte às alternativas de classificação sugeridas por um grupo de decisão ou um indivíduo específico; e (b) servir como Sistema de Suporte a Decisão (SSD). Esse método permite a comparação par a par dos elementos de decisão e a modelagem de problemas complexos em níveis hierárquicos (Salomon, Montevechi, & Pamplona, 1999; Bolloju, 2001; Akinci, Ozalp, & Turgut, 2013). Apesar da ampla aplicação desse método, críticas da efetividade empírica e a validade teórica da AHP foram feitas (Belton & Gear, 1983; Dyer, 1990; Barzilai, 1998). Barzilai (1998) obteve resultados diferentes para uma mesma análise considerando diferentes estruturas hierarquias de decisão, ocasionando uma desconfiança sobre o método AHP. No entanto, Whitaker (2007) contesta os resultados obtidos por Barzilai (1998) e constata que as falhas descritas eram provenientes de incorretas atribuições de prioridades para os critérios e não provenientes do modelo. Assim, um importante princípio da AHP é que os resultados válidos são dependentes das prioridades dos critérios e de suas alternativas como também da síntese dos resultados por ponderação e adição (Whitaker, 2007). Uma abordagem para minimizar a incerteza e a imprecisão do processo de priorização na AHP procedentes dos julgamentos dos tomadores de decisão é a adoção da comparação pareada *fuzzy* (Mikhailov, 2003). Esse método oferece oportunidade para resolver problemas de priorização de julgamentos mistos, incorporando no modelo a imprecisão do pensamento humano. Além disso, os métodos para a definição dos pesos dos critérios são subdivididos em duas categorias: (a) métodos subjetivos que determinam os pesos apenas a partir dos julgamentos dos avaliadores, e (b) métodos objetivos baseados em modelos matemáticos, por exemplo, a medida de entropia. Neste contexto, a metodologia adotada neste trabalho considera um modelo *Fuzzy AHP* baseada na medida de entropia de Shannon para o estabelecimento dos pesos dos critérios.

Na presente pesquisa, a árvore hierárquica foi construída em uma estruturada de três níveis: (a) no topo encontra-se a função objetivo que é a obtenção das Áreas Prioritárias para Regularização Fundiária; (b) no meio encontram-se os critérios do problema que

precisarão ser ponderados; e (c) na base as alternativas (municípios) de decisão (fig. 4). Conforme Lai (1995), as estruturas hierárquicas de três níveis minimizam os problemas de efetividade empírica da AHP.

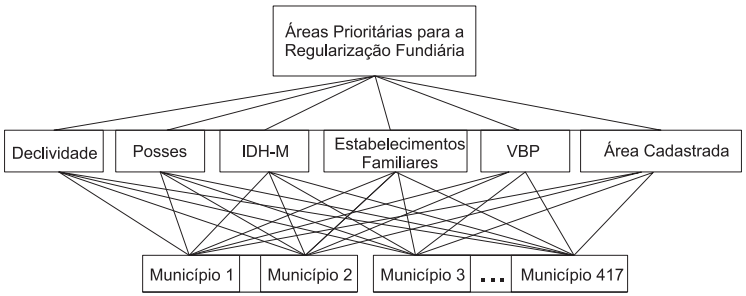


Fig. 4 – Árvore Hierárquica ou de Decisão para a seleção de áreas prioritárias para regularização fundiária.

Fig. 4 – Hierarchical or Decision Tree for the selection of priority areas for land regularization.

Na solução do modelo AHP devem ser observados sete passos: (a) construção da matriz de comparação par a par, matriz A; (b) cálculo do autovetor principal, matriz W; (c) cálculo do máximo autovalor (λmax); (d) cálculo do índice de consistência (IC); (e) cálculo do índice de aleatoriedade ou randômico (IR); (f) cálculo da razão de consistência (RC); e (g) eventual realização de uma nova matriz de comparação, se (RC) for superior a 0,01 (Silva, Ramos, Souza, Rodrigues, & Mendes, 2004).

A partir do modelo hierárquico, constrói-se a matriz A quadrada de comparação pareada cuja ordem é igual ao número de critérios (n). Na construção da matriz A adota-se como referência a escala contínua de nove pontos proposta por Saaty (1980) com valores (1/9, 9) (quadro III).

Quadro III – Escala de 1-9 de Saaty.

Table III – Saaty's 1-9 scale.

Valores numéricos de a_{ij}	**Definição**
1	Importância igual entre i e j
3	Importância moderada de i sobre j
5	Importância grande de i sobre j
7	Importância muito grande de i sobre j
9	Importância extrema de i sobre j
2, 4, 6, 8	Valores intermediários

Fonte: Saaty (1980)

O método AHP permite determinar os pesos de todos os critérios, considerando matriz A (i x j) (eq. 7), onde a_{ij} indica quanto a variável "i" é mais importante que a variável "j", sendo que para todo "i" e "j" é necessário que $a_{ii} = 1$ e $a_{ij} = 1 / a_{ji}$ (eq. 8).

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 \dots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & 1 \end{bmatrix} \quad \text{(eq. 7)}$$

Onde

$$a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \; \forall i, j = 1, 2 \dots, n \quad \text{(eq. 8)}$$

Depois cada valor da coluna j é dividido pela soma total dos valores da coluna j. O total desses valores para cada coluna resulta na nova matriz normalizada Aw.

$$Aw = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad \text{(eq. 9)}$$

O vector W contendo o peso de cada critério é calculado como a média da soma dos valores da linha i da matriz Aw:

$$W = \begin{bmatrix} \frac{c_1}{n} \\ \vdots \\ \frac{c_n}{n} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} + & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} \dots + & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} + & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} \dots + & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad \text{(eq. 10)}$$

A Razão de Consistência (RC) da comparação pareada indica a probabilidade de os valores calculados serem gerados aleatoriamente, efetuando a partir da divisão entre o Índice de Consistência ou (IC) e o Índice Randômico (IR) (eq. 11). O IC é calculado pelo máximo autovalor (λmax) da matriz A. Os valores do IR são estimados a partir do número de variáveis (N) (Saaty, 1980; 2008) (quadro IV). Caso o RC esteja acima de 0,01 recomenda-se que seja feita uma nova rodada de comparação baseada em novos julgamentos. Se RC ≤ 0,01 o grau de coerência é satisfatório, em contraposição se RC> 0,01 existem inconsistências graves.

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad \text{(eq. 11)}$$

Onde:

$$IC = \frac{\lambda max - n}{n-1} \quad \text{(eq. 12)}$$

$$\lambda max = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} \frac{A \times W}{W_i} \quad \text{(eq. 13)}$$

$$A \times W = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{21}} & 1 \dots & a_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots \\ \frac{1}{a_{n1}} & \frac{1}{a_{n2}} & 1 \end{bmatrix} x \begin{bmatrix} \frac{c_1}{n} \\ \vdots \\ \frac{c_n}{n} \end{bmatrix} \quad \text{(eq. 14)}$$

Quadro IV – Valores de Índice Randômico.

Table IV – Random Index Values.

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,41	1,45	1,49

Fonte: Saaty (1980)

Várias simulações da matriz A foram realizadas considerando o índice de posse como a variável mais importante e adotando como modelo a que apresentou a menor RC. Além disso, efetuou-se a troca de posição dos coeficientes calculados no ordenamento da função objetivo, para realizar a análise de sensibilidade.

A crítica ao método AHP, referente à sua incapacidade de lidar adequadamente com a incerteza e imprecisão inerentes ao mapeamento por números exatos dos tomadores de decisão, pode ser adequada com o emprego da lógica *fuzzy* que permite uma flexibilidade e inclusão da imprecisão do julgamento humano (Chan, 1996; Mikhailov, 2003; Huang, Chu, & Chiang, 2008). Portanto, a lógica *fuzzy* foi utilizada para ampliar as simulações e por considerar as imprecisões e ambiguidades no processo de decisão, aumentando as possibilidades de soluções (Linhares *et al*., 2012; Mosadeghi *et al*., 2015). O método FAHP baseia-se na definição de critérios e alternativas da escolha que serão analisadas e hierarquizadas. Uma nova matriz *A-Fuzzy* é elaborada considerando os valores "a_{ij}" proveniente da matriz A do julgamento AHP e o grau de imprecisão do julgamento (α). O cálculo é realizado de forma distinta para as seguintes condições: (a) parte triangular superior da matriz; (b) parte triangular inferior da matriz; (c) diagonal; e (d) quando o valor for igual a nove, valor máximo na escala de Saaty (quadro V).

Quadro V – Equações para calcular a matriz *A-Fuzzy* considerando sua posição na matriz A.

Table V – Equations to calculate the A-Fuzzy matrix considering its position in the matrix A.

Posição da matriz	Equação a ser adotada	
Parte triangular superior da matriz (i é diferente de j e i < j)	$(a_{ij} - \alpha, a_{ij}, a_{ij} + \alpha)$	(eq. 15)
Parte triangular inferior da matriz (j é diferente de i e j < i)	$(1/(a_{ij} + \alpha), 1/a_{ij}, 1/(a_{ij} - \alpha))$	(eq. 16)
Diagonal (i=j)	$(1/(1+ \alpha), 1, 1+ \alpha)$	(eq. 17)
Valor a_{ij} for igual a 9	$(9 - \alpha, 9, 9)$	(eq. 18)

Nesse trabalho foi considerado o número triangular *fuzzy* (α) igual a 0,5 de acordo com as seguintes equações (Pacheco & Vellasco, 2007):

$$A\alpha a\text{-}1 = (b2 - b1)\,\alpha + b1 \textbf{ (A1, B1, C1, D1, E1 e F1)} \quad \text{(eq. 19)}$$

$$A\alpha a\text{+}1 = -(b3 - b2)\,\alpha + b3 \textbf{ (A3, B3, C3, D3, E3, e F3)} \quad \text{(eq. 20)}$$

Onde:

b1 é "$a_{ij} + \alpha$", b2 é a_{ij} e b3 é "$a_{ij} - \alpha$".

O cálculo dos pesos considerou o vetor de frequência relativa (f) e a formulação da entropia de Shannon (H) (Shannon, 1949; Mon, Cheng, & Lin, 1994):

$$f = \begin{bmatrix} f_1 \\ \vdots \\ f_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{i2}} \cdots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{in}} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{i2}} \cdots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{in}} \end{bmatrix} \quad \text{(eq. 21)}$$

$$H_1 = -\sum_{j-1}^{n}(f_{1j})\log_2(f_{1j}) \quad \text{(eq. 22)}$$

$$H_2 = -\sum_{j-1}^{n}(f_{2j})\log_2(f_{2j}) \quad \text{(eq. 23)}$$

$$H_n = -\sum_{j-1}^{n}(f_{nj})\log_2(f_{nj}) \quad \text{(eq. 24)}$$

A entropia de Shannon é uma medida de incerteza da informação fundamentada na teoria de probabilidade, sendo representada por uma distribuição probabilística discreta (Hwang & Yoon, 1981). Essa medida estabelece a importância de informação útil, descrevendo a intensidade relativa do critério e permitindo o estabelecimento dos pesos a partir da informação intrínseca média transmitida pelo tomador de decisão (Zeleny, 1996; Zou, Yun, & Sun, 2006).

Na presente pesquisa, o processo de modelagem foi realizado em cinco etapas: (a) as variáveis IPos, IC, IDH-M, VBP, IEF e ID foram ordenadas segundo a função M1 (eq. 25); (b) cálculo dos pesos w1, w2, w3, w4 e w5 através da AHP (Matriz A_{5x5}); (c) estabelecimento de nova função M2, mantendo a Posse (IPos) constante (eq. 26) e os demais pesos trocados visando uma nova configuração de prioridades das variáveis ; (d) aplicação da lógica *fuzzy* para calcular novos valores para os pesos, mantendo os mesmos ordenamentos estabelecidos nas funções dos itens "a" e "c" produzindo mais duas possibilidades de solução M1F e M2F (eq. 27 e 28); (e) emprego do operador *Weighted Linear Combination* (WLC) (Jiang & Eastman, 2000), para o cálculo dos índices de prioridade para cada modelo utilizado; e (f) espacialização dos resultados em quatro classes (fig. 5). O modelo WLC é um método de regra de decisão baseado em GIS que gera mapas de composição do conjunto de atributos. O mapa resultante é proveniente do somatório de cada mapa de atributos multiplicado pelo seu respectivo peso (w). Esse método é amplamente utilizado para seleção de áreas devido a sua facilidade operacional fundamentada na álgebra de mapas em SIG (Malczewki, 2000).

$$M1 = w1 \times IPos + w2 \times IC + w3 \times IDH_M + w4 \times IEF + w5 \times ID + w6 \times VBP \quad \text{(eq. 25)}$$

$$M2 = w1 \times IPos + w3 \times IC + w2 \times IDH_M + w5 \times IEF + w6 \times ID + w4 \times VBP \quad \text{(eq. 26)}$$

$$M1F = wf1 \times IPos + wf2 \times IC + wf3 \times IDH_M + wf4 \times IEF + wf5 \times ID + wf6 \times VBP \quad \text{(eq. 27)}$$

$$M2F = wf1 \times IPos + wf3 \times IC + wf2 \times IDH_M + wf5 \times IEF + wf6 \times ID + wf4 \times VBP \quad \text{(eq. 28)}$$

Todas as etapas descritas da AHP foram implementadas em ambiente de SIG (Malczewski, 2006), utilizando o programa Quantum GIS. Esse programa é livre e de código aberto, permitindo a fácil implementação dos procedimentos da modelagem *Fuzzy AHP*.

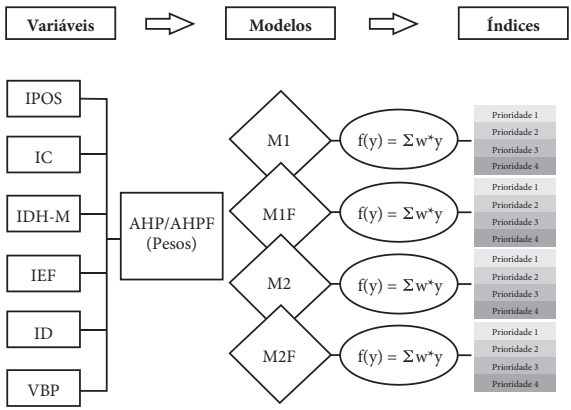


Fig. 5 – Modelagem AHP e *AHP-Fuzzy* para seleção de áreas prioritárias para regularização fundiária.

Fig. 5 – Selection of priority areas for land regularization using the AHP and AHP-Fuzzy modeling.

IV. RESULTADOS

1. Resultados da Análise Exploratória das Variáveis

A figura 6 demonstra os mapas de prioridade das variáveis normalizadas (eq. 5 e eq. 6) utilizadas na análise multicritério: IPos, IC, IDH-M, IEF, ID e VBP. Os mapas apresentam quatro classes de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO, 1976; Smyth & Dumanski, 1993): Não Prioritária; Prioridade Baixa; Prioridade Média e Prioridade Alta. As variáveis IDH-M, ID e VBP adotam os valores inversamente proporcionais para o estabelecimento das classes de prioridade. Nesses índices invertidos, quanto mais alto for o índice menor é a sua prioridade.

Os municípios com alta prioridade IPos apresentam a maior concentração no extremo norte do Estado. As áreas mais desenvolvidas no Oeste, Sul e próximo a cidade de Salvador apresentam os melhores índices de cadastramento e consequentemente a menor prioridade. O IDHM é o índice que apresenta a distribuição mais heterogênea, havendo um predomínio da classe de prioridade média. Os índices IEF, ID e VBP apresentam um predomínio de áreas prioritárias com exceção de alguns municípios localizados no Oeste e Sul do Estado da Bahia. O quadro VI demonstra uma baixa correlação entre as variáveis utilizadas na AHP, sendo desejável para a aplicação do modelo.

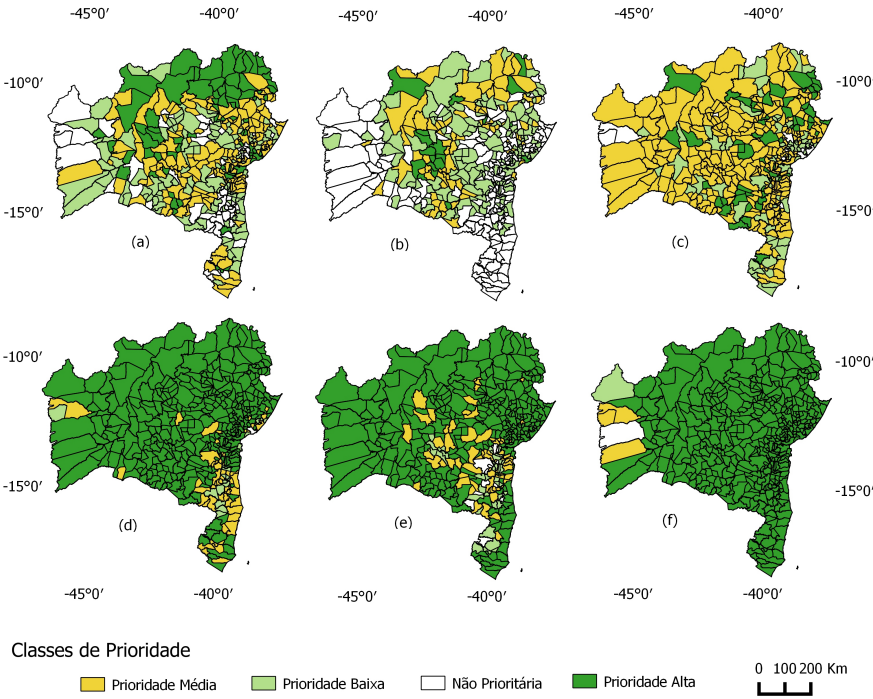


Fig. 6 – Cartogramas das classes de prioridade para regularização fundiária no Estado da Bahia das seguintes variáveis municipais: (a) índice de posse, (b) índice de área cadastrada, (c) índice de desenvolvimento humano municipal (IDH-M), (d) índice de estabelecimento familiares (IEF), (e) índice de declividade e (f) valor bruto de produção (VBP). Figura a cores disponível online.

Fig. 6 – Cartograms of priority classes for land regularization in the State of Bahia for the following municipal indices: (a) farmers without land documents; (b) registered properties; (c) municipal human development index (IDHM); (d) family farms (IEF); (e) slope; and (f) gross production value (VBP). Colour figure available online.

Quadro VI – Matriz de correlação entre os índices: posses (IPOS), índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM), estabelecimentos familiares (IEF), declividade (ID), cadastro (IC) e valor bruto de produção (VBP).

Table VI – Correlation matrix among indices: farmers without land documents (IPOS), municipal human development index (IDHM), family farms (IEF), slope (ID), registered properties (IC), and gross production value (VBP).

	IPOS	IDHM	IEF	ID	IC	VBP
IPOS	1	-0,17	0,34	-0,16	0,36	-0,17
IDH-M	-0,17	1	-0,17	-0,07	-0,18	0,06
IEF	0,34	-0,17	1	-0,29	0,38	-0,19
ID	-0,16	-0,07	-0,29	1	-0,17	0,15
IC	0,36	-0,18	0,38	-0,17	1	-0,34
VBP	-0,17	0,06	-0,19	0,15	-0,34	1

2. Resultados da Modelagem AHP

O quadro VII apresenta a simulação (ou julgamento) da matriz A que apresentou o menor RC (RC ≤ 0,01). O quadro VIII demonstra o resultado do emprego da lógica *fuzzy* utilizando como base a matriz A, o α-cut = 0,5 e as equações 14 e 15. Os pesos da matriz A *fuzzy* foram calculados através da entropia de Shannon. Os resultados dos pesos para as diferentes simulações são demonstrados nas equações abaixo:

$$M1 = 0{,}33 \times IPos + 0{,}26 \times IC + 0{,}20 \times IDH_M + 0{,}08 \times IEF + 0{,}07 \times ID + 0{,}07\ VBP \quad \text{(eq. 29)}$$

$$M1F = 0{,}23 \times IPos + 0{,}22 \times IC + 0{,}20 \times IDH_M + 0{,}13 \times IEF + 0{,}11 \times ID + 0{,}11\ VBP \quad \text{(eq. 30)}$$

$$M2 = 0{,}33 \times IPos + 0{,}20 \times IC + 0{,}26 \times IDH_M + 0{,}07 \times IEF + 0{,}07 \times ID + 0{,}08 \times VBP \quad \text{(eq. 31)}$$

$$M2F = 0{,}23 \times IPos + 0{,}20 \times IC + 0{,}22 \times IDH_M + 0{,}13 \times IEF + 0{,}11 \times ID + 0{,}11\ VBP \quad \text{(eq. 32)}$$

A figura 7 apresenta os mapas dos índices AHP, em intervalos igual, para os quatro modelos propostos, M1, M1F, M2 e M2F. Os modelos apresentam uma grande similaridade espacial, destacando uma região quase contínua de alta prioridade na parte norte do Estado que desce para a parte central, chegando até o sul, que acompanha as áreas de depressão, em especial a depressão do rio São Francisco (fig. 2). A utilização da lógica *fuzzy* não muda o padrão do modelo e a média entre os quatro índices AHP consiste em uma adequada representação das áreas prioritárias. As áreas prioritárias, segue preferencialmente o padrão de distribuição do índice de posses, reforçado pelas áreas de subestimativa cadastral.

Quadro VII – Matriz A: Posses (IPOS), Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM), Estabelecimentos Familiares (IEF), Declividade (ID), Cadastro (IC) e Valor Bruto de Produção (VBP).

Table VII – Matrix A: Farmers Without Land Documents (IPOS), Municipal Human Development Index (IDHM), Family Farms (IEF), Slope (ID), Registered Properties (IC), and Gross Production Value (VBP).

	IPos	**IC**	**IDH-M**	**IEF**	**ID**	**VBP**
IPos	1	1	2	4	5	5
IC	1	1	1	3	4	4
IDH-M	0,50	1	1	2	3	3
IEF	0,25	0,33	0,50	1	1	1
ID	0,20	0,25	0,33	1	1	1
VBP	0,20	0,25	0,33	1	1	1

Quadro VIII – Matriz A da *Fuzzy* AHP.

Table VIII – Matrix A of the Fuzzy AHP.

	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3	E1	E2	E3	F1	F2	F3
1	0,83	**1**	1,25	0,75	**1**	1,25	1,75	**2**	2,25	0,75	**4**	1,25	3,25	**5**	5,25	4,75	**5**	5,25
2	0,83	**1**	1,50	0,83	**1**	1,25	0,75	**1**	1,25	0,83	**3**	1,25	2,25	**4**	4,25	3,75	**4**	4,25
3	0,45	**0,50**	0,58	0,83	**1**	1,50	0,83	**1**	1,25	0,83	**2**	1,50	1,83	**3**	3,25	2,75	**3**	3,25
4	0,23	**0,25**	0,26	0,30	**0,33**	0,36	0,45	**0,50**	0,58	0,30	**1**	0,36	0,70	**1**	1,25	0,75	**1**	1,25
5	0,19	**0,20**	0,21	0,23	**0,25**	0,26	0,30	**0,33**	0,36	0,23	**1**	0,26	0,64	**1**	1,25	0,75	**1**	1,25
6	0,19	**0,20**	0,21	0,23	**0,25**	0,26	0,30	**0,33**	0,36	0,23	**1**	0,26	0,64	**1**	1,50	0,83	**1**	1,25

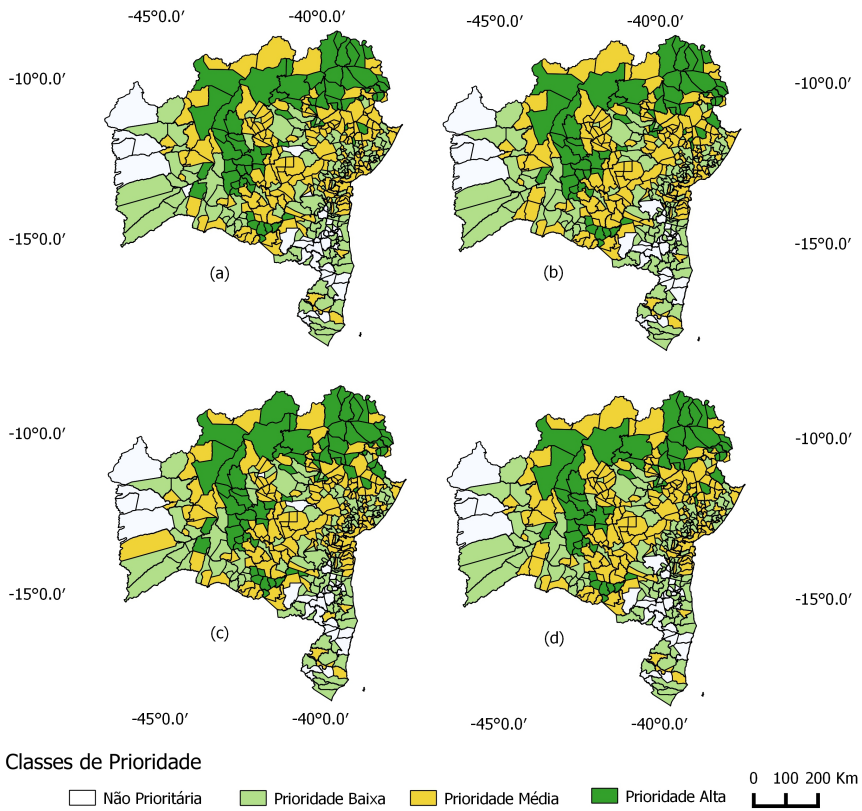


Fig. 7 – Cartograma dos modelos AHP: (a) M1, (b) M1F, (c) M2 e (d) M2F.
Figura a cores disponível online.

Fig. 7 – AHP model cartograms: (a) M1, (b) M1F, (c) M2 and (d) M2F.
Colour figure available online.

O mapa do cálculo dos quatro modelos evidenciou a seleção de 128 municípios com índice acima de 0,66, que são considerados como prioritários para ações imediatas de regularização fundiária e georreferenciamento no Estado da Bahia. Porém, fazendo o corte acima de 0,80, obtém-se 22 municípios que podem ser considerados como Extremamente Prioritário (fig. 8).

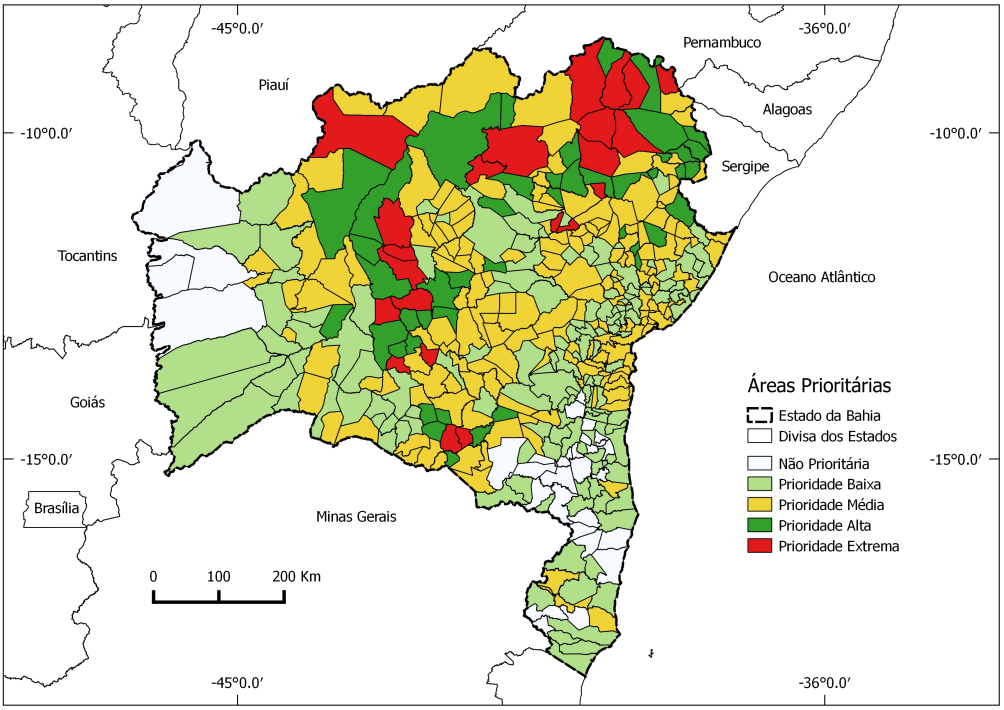


Fig. 8 – Mapa das áreas prioritárias para regularização fundiária no estado da Bahia. Figura a cores disponível online.

Fig. 8 – Priority area map for land regularization in the state of Bahia. Colour figure available online.

V. CONCLUSÃO

O presente trabalho atingiu os objetivos previsto, estabelecendo uma metodologia para a definição de áreas prioritárias para a regulamentação fundiária. A regularização fundiária adquiri importância na pauta do governo brasileiro a partir da medida provisória 759 (Brasil, 2016) e da aprovação da Lei 13 465 (Brasil, 2017), que dispõe sobre a regularização fundiária urbana e rural. Antes desse período, as estratégias de priorização de áreas para a regularização fundiária eram pouco discutidas e embrionárias no Brasil, com exceção da Amazônia Legal devido ao programa Terra Legal. As decisões eram

baseadas em fatores políticos e localizados, não possuindo uma estratégia de varredura do território. Além disso, os movimentos sociais priorizavam outras questões, como a criação de novos assentamentos.

Portanto, o presente estudo possui relevância na definição de estratégias para priorização de áreas para a regularização fundiária por utilizar informações espaciais socioeconômicas e ambientais, que diverge do planejamento anteriormente adotado. A grande extensão territorial do Brasil torna fundamental o desenvolvimento de metodologias espaciais para auxiliar as ações governamentais. Apesar de haver muitos dados disponíveis, poucas vezes a tomada de decisão é baseada em critérios técnicos, prevalecendo o componente político ou o interesse dos movimentos sociais. Nesse estudo, verifica-se que o avanço das geotecnologias e o aumento da disponibilidade de informações pode renovar o sistema organizacional do Estado, estabelecendo uma melhor eficiência e racionalismo nas ações fundiárias. Nesse estudo, conclui-se que a AMC no apoio ao Sistema de Suporte a Decisão permite subsidiar e estabelecer critérios para priorizar a seleção de municípios para a regularização fundiária, minimizando custos e focando na parcela da população mais desprovida de recursos financeiros. Essa abordagem estabelece variáveis que auxiliam solucionar os problemas fundiários, bem como constrói possíveis cenários para o melhor emprego dos recursos antes da efetiva tomada de decisão. Essa prática ajuda a gestão territorial e a qualificação dos dados disponíveis.

As informações geradas pela presente pesquisa já estão sendo utilizada nas diretrizes desenvolvidas pelo INCRA no Estado da Bahia, evidenciando a sua importância. Nos municípios do Estado da Bahia, as empresas que serão contratadas através de convênios para trabalhar na escala municipal possui na sua primeira etapa a divulgação e a convocação participativa da população. Portanto, a metodologia AHP é adequada para estudos na escala estadual, enquanto o planejamento participativo é implementada na escala municipal.

Além disso, os resultados da pesquisa evidência a deficiência de áreas cadastradas no Estado da Bahia dentro do SNCR. Constata-se que os agricultores em áreas com piores terrenos (menos produtivas, menor interesse comercial e em regiões com declividades fortemente ondulas e montanhosas) apresentam uma baixa taxa de cadastramento, reafirmando a sua situação de carência por causar limitações para a aquisição de recurso financeiros privados ou de acesso as políticas públicas. Portanto, o emprego da AHP para a seleção de áreas prioritárias para ações imediatas de regularização fundiária é uma inovação e desperta para a importância do problema fundiário para um país continental como o Brasil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Akinci, H., Ozalp, A. Y., & Turgut, B. (2013). Agricultural land use suitability analysis using GIS and AHP technique. *Computers and Electronics in Agriculture*, *97*, 71-82. doi: 10.1016/j.compag.2013.07.006

Andrade, A. B. (2013). *Base conceitual para estudos sobre a história do espaço urbano* [Conceptual basis for studies on the history of urban space]. Salvador: EdUFBA.

Barzilai, J. (1998). On the decomposition of value functions. *Operations Research Letters, 22,* 159-170. doi: 10.1016/S0167-6377(98)00015-7

Belton, V., & Gear, T. (1983). On a short-coming of Saaty's method of analytic hierarchies. *Omega, 11*, 228-230. doi: 10.1016/0305-0483(83)90047-6

Bogaerts, T., & Zevenbergen, J. (2001). Cadastral systems. *Computers, Environment and Urban Systems*, *25*(4), 325-337. doi: 10.1016/S0198-9715(00)00051-X

Bolloju, N. (2001). Aggregation of analytic hierarchy process models based on similarities in decision markers' preferences. *European Journal of Operational Research*, *128*(3), 499-508. doi: 10.1016/S0377-2217(99)00369-0

Brasil. (2017). Lei Federal 13 465. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Brasil. (2016). Medida Provisória 759. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Brasil. (2015). Decreto 8 447. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Brasil. (2006). Lei Federal 11 326. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Brasil. (2001). Lei Federal 10 267. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Brasil. (1976). Lei Federal 6 383. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Brasil. (1964). Lei Federal 4 504. Brasil. Retrieved from http://www.planalto.gov.br

Cassettari, C. (2015). *Direito agrário*. 2 ed. São Paulo: Editora Atlas S.A.

Chan, D. Y. (1996). Application of the extend analysis method on Fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, *95*(3), 649-655. doi:10.1016/0377-2217(95)00300-2

Collins, M. G., Steiner, F. R., & Rushman, M. (2001). Land-use suitability analysis in the united states: historical development and promising technological achievements. *Environmental Management*, *28*(5), 611-621. doi: 10.1007/s002670010247

Crawford, G., & Williams, C. (1985). A note on the analysis of subjective judgment matrices. *Journal of mathematical psychology*, *29*, 387-405. doi: 10.1016/0022-2496(85)90002-1

Deininger, K., Hilhorst, T., & Songwe, V. (2014). Identifying and addressing land governance constraints to support intensification and land market operation: Evidence from 10 African countries. *Food Policy*, *48*, 76-87. doi: 10.1016/j.foodpol.2014.03.003

Dias, G. O. (2007). *Estado e o Agro em Tempos de Liberalização* [State and Agro in Liberalization times]. *Revista Economia e Sociologia Rural*, *44*(3), 341--354. doi: 10.1590/S0103-20032006000300001

Diez, A. G. (2011). *Segredos da Bahia: Geografia* [Secrets of Bahia: Geography]. São Paulo: FTD.

Dyer, J. (1990). Remarks on the analytic hierarchy process. *Management Science, 36*, 274-275. doi: 10.1287/mnsc.36.3.249

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA). (1979). *Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos* [National Soil Survey and Conservation Service]. Súmula da 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro: Embrapa-SNLCS. Micelânea, 1.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (FAO). (1976). *A Framework for Land Evaluation*. FAO Soils bulletin 32. Rome: FAO. Retrieved from http://www.fao.org/docrep/X5310E/x5310e00.htm

Friendly, M. (2002). Corrgrams: exploratory displays for correlations matrices. *The American Statistician*, *56*(4), 316-324. doi: 10.1198/000313002533

Graser, A. (2013). *Learning QGIS 2.0*. Packt Publishing Ltd.

Guedes, S. N. R., & Reydon, B. P. (2012). Direito de propriedade de terra rural no Brasil: uma proposta institucionalista para ampliar a governança fundiária [Rural land property right in Brazil: an institutionalist proposal to extend the land governace]. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, *50*(3), 525-544. doi: 10.1590/S0103-20032012000300008

Harvey, D. (2014). *Cidades rebeldes* [Rebel cities]. São Paulo: Martins Fontes.

Hasenack, M. (2013). *A cartografia cadastral do Brasil* [The cadastral cartography of Brazil]. Tese de Doutoramento. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC).

Huang, C. C., Chu, P. Y., & Chiang, Y. H. (2008). A fuzzy AHP application in government-sponsored R&D project selection. *Omega*, *36*(6), 1038--1052. doi 10.1016/j.omega.2006.05.003

Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). Multiple criteria decision making. *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems, 186*, 58-191. doi: 10.1007/978-3-642-48318-9

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE). (2006). *Censo Agropecuário 2006* [Agricultural Census 2006]. Rio de Janeiro: IBGE. Retrieved from http://www.ibge.gov.br

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE). (2010). *Estados@* [States@]. Rio de Janeiro: IBGE. Retrieved from http://www.ibge.gov.br/estadosat/perfil.php?sigla=ba

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (IBGE). (2013). *Produção Agrícola Municipal (PAM)* [Municipal Agricultural Production (MAP)]. Rio de Janeiro: IBGE. Retrieved from http://www.ibge.gov.br

Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária. (INCRA). (2015). *Sistema Nacional de Cadastro Rural (SNCR).* Brasília: INCRA. Retrieved from http://www.incra.gov.br

Jiang, H., & Eastman, J. R. (2000). Application of fuzzy measures in multi-criteria evaluation in GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, *14*(2), 173-184. doi: 10.1080/136588100240903

Kaufmann, J., & Steudler, D. (1998). *Cadastre 2014 – A Vision for a Future Cadastral System*. Switzerland, Rüdlingen and Bern: Report of Commission 7 Working Group 7.1, International Federation of Surveyors.

Lai, S. (1995). A preference-based interpretation of AHP. *Omega, 23*, 453-462. doi: 10.1016/0305-0483(95)00025-J

Leão, S. O. (1987). *Evolução dos padrões de uso do solo agrícola na Bahia* [Evolution of land use patterns in Bahia]. Recife: Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE).

Linhares, C. G., Gussen, C. T. G., & Ribas, J. R. (2012). O método Fuzzy AHP aplicado à análise de riscos de usinas hidrelétricas em fase de construção [The Fuzzy AHP method applied to the risk analysis of hydroelectric plants under construction]. In *Congresso Latino-Iberoamericano de Investigação Operacional* (pp. 591-603). Rio de Janeiro: SOBRAPO. Retrieved from http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2012/pdf/arq0185.pdf

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. *International Journal of Geographical Information Science*, *20*(7), 703-726. doi: 10.1080/13658810600661508

Medeiros, C. N., Gomes, D. D. M., & Albuquerque, E. L. S. (2012). A concentração da posse da terra na região Nordeste e no Estado do Ceará [The concentration of land tenure in the Northeast region and the State of Ceará]. *Geografia*, Rio Claro, *37*(2), 199-220.

Michelini, C. R. (2012). *Legitimidade da propriedade rural* [Legitimacy of rural property]. Cuiabá: KCM Editora & Distribuidor.

Mikhailov, L. (2003). Deriving priorities from fuzzy pairwise comparison judgements. *Fuzzy Sets and Systems*, *134*(3), 365-385. doi: 10.1016/S0165-0114(02)00383-4

Mon, D. L., Cheng, C. H., & Lin, J. C. (1994). Evaluating weapon system using fuzzy analytic hierarchy process based on entropy weight. *Fuzzy Sets and Systems, 62*(2), 127-134. doi: 10.1016/0165-0114(94)90052-3

Mosadeghi, R., Warnken, J., Tomlinson, R., & Mirfenderesk, H. (2015). Comparasion of Fuzzy-AHP and AHP in a spatial multi-criteria decision making model for urban land-use planning. *Computers, Environment and Urban Systems*, *49*, 54-65. doi: /10.1016/j.compenvurbsys.2014.10.001

Murdoch, D. J., & Chow, E. D. (1996). A graphical displays of large correlations matrices. *The American Statistician*, *50*(2), 178-180. doi: 10.2307/2684435

Newman, C., Tarp, F., & Broeck, K. (2015). Property rights and productivity: the case of joint land titling in Vietnam. *Land Economics*, *91*(1), 91-105. doi: 10.3368/le.91.1.91

Oliveira, S. N., de Carvalho Júnior, O. A., Gomes, R. A. T., Guimarães, R. F., & Mcmanus, C. M. (2017). Deforestation analysis in protected areas and scenario simulation for structural corridors in the agricultural frontier of Western Bahia, Brazil. *Land Use Policy*, *61*, 40-52. doi: 10.1016/j.landusepol.2016.10.046

Oliveira, S. N., de Carvalho Júnior, O. A., Gomes, R. A. T., Guimarães, R. F., & Mcmanus, C. M. (2016). Landscape-fragmentation change due to recent agricultural expansion in the Brazilian Savanna, Western Bahia, Brazil. *Regional Environmental Change*, *17*(2), 1-13. doi: 10.1007/s10113-016-0960-0

Pacheco, M. A. C., & Vellasco, M. M. B. R. (2007). *Sistemas Inteligentes de Apoio à Decisão* [Intelligent Decision Support Systems]. Rio de Janeiro: Editora PUC Rio.

Pochmann, M. (2015). *Desigualdade econômica no Brasil* [Economic inequality in Brazil]. São Paulo: Editora Ideias e Letras.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. (PNUD). (2010). Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil [Atlas of Human Development in Brazil]. Retrieved from http://www.atlasbrasil.org.br/2013/pt/o_atlas/idhm

Rambo, L. I. (2005). *Uma proposta para conexão do Registro de Imóveis ao Cadastro Imobiliário Urbano* [A proposal for connecting the Land Registry to the Urban Real Estate Cadastre]. (Tese de Doutoramento em Engenharia Civil. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina).

Rezende, G. C., & Guedes, S. N. R. (2008). Formação histórica dos direitos de propriedade da terra no Brasil e nos Estados Unidos e a sua relação com as políticas agrícolas atualmente adotadas nesses dois países [Historical formation of land rights in Brazil and United States and its relation to the agricultural policies currently adopted in these two countries]. In A. B. Coelho, E. C. Teixeira, & M. J. Braga (Orgs.), *Recursos naturais e crescimento econômico* [Natural resources and economic growth] (pp. 279-311). Brasil: Editora da Universidade Federal de Viçosa.

Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, *1*(1), 83-98. doi: 10.1504/IJSSci.2008.01759

Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: McGraw Hill International.

Saaty, T. L., & Zoffer, H. J. (2012). Nina`s decision: how to make better decisions and resolve conflicts. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, *4*(1), 78-86. doi: 10.13033/ijahp.v4i1.139

Salomon, V. P., Montevechi, J. A., & Pamplona, E. O. (1999). Justificativas para aplicação do método de análise hierárquica [Justifications for application of the hierarchical analysis method]. In Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 19. Rio de Janeiro. Retrieved from http://www.iepg.unifei.edu.br/edson/download/Artahp99.pdf

Schier, R. A. (2003). Trajetórias do conceito de paisagem na geografia [Paths of the concept of landscape in geography]. *RA'E GA – O Espaço Geográfico em Análise*, *7*, 79-85. doi: 10.5380/raega.v7i0.3353

Serviço Geológico do Brasil. (CPRM). (2016). *Mapa de declividade em percentual do relevo brasileiro*. Brasília: CPRM. Retrieved from http://www.cprm.gov.br

Shannon, C. (1949). Communication Theory of Secrecy Systems. *Bell System Technical Journal*, *28*(4), 656-715. doi: 10.1002/j.1538-7305.1949.tb00928.x

Silva, A. N. R. D., Ramos, R. A., Souza, L. C. L., Rodrigues, D. S., & Mendes, J. F. (2004). *SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes* [SIG: a platform for introducing emerging techniques in urban, regional and transport planning]. São Carlos: Ed. dos Autores. Retrieved from http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/2331/1/Pages%20from%20Livro-Brasil.pdf

Smyth, A. J., & Dumanski, J. (1993). *FESLM: An international framework for evaluating sustainable land management*. Rome: FAO. Retrieved from http://www.fao.org/docrep/T1079E/t1079e00.htm

Soto, H. (2001). *O mistério do capital* [The Mystery of capital]. Rio de Janeiro: Editora Record.

Van Zyl, J. J. (2001). The Shuttle Radar Topography Mission (SRTM): a breakthrough in remote sensing of topography. *Acta Astronautica*, *48*(5), 559-565. doi: 10.1016/S0094-5765(01)00020-0

Wang, Y. M., & Elhag, T. M. S. (2006). An approach to avoiding rank reversal in AHP. *Decision Support System*, *42*(3), 1474-1480. doi: 10.1016/j.dss.2005.12.002

Zeleny, M. (1996). *Multiple criteria decision making*. New York: Springer.

Zou, Z. H., Yun, Y., & Sun, J. N. (2006). Entropy method for determination of weight of evaluating indicators in fuzzy synthetic evaluation for water quality assessment. *Journal of Environmental Sciences*, *18*(5), 1020-1023. doi: 10.1016/S1001-0742(06)60032-6

Whitaker, R. (2007). Criticisms of the Analytic Hierarchy Process: Why they often make no sense. *Mathematical and Computer Modelling, 46*(7-8), 948-961. doi: 10.1016/j.mcm.2007.03.016