



Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Universidade Federal de Mato Grosso Do Sul

**Seleção de áreas para reserva legal baseada em multicritérios:
aplicação em projetos de assentamento**

Gisele Milaré



Campo Grande
Junho 2015

**Seleção de áreas para reserva legal baseada em multicritérios:
aplicação em projetos de assentamento**

Gisele Milaré

Dissertação apresentada como requisito para a obtenção do título de **Mestre em Ecologia e Conservação**, pelo Programa de Pós Graduação em Ecologia e Conservação, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul.

Orientador: Antonio Conceição Paranhos Filho

Banca avaliadora

Agradecimentos

Todo processo que resultou na presente dissertação foi realizado entre desafios e muito aprendizado, tal experiência não poderia ter sido melhor se não fosse pelas pessoas que compartilharam comigo conhecimento e companhia, e assim, gostaria de agradecer primeiramente aos meus pais, Elisabeth e Antenor, que sempre me incentivaram e me apoiaram incondicionalmente. Agradeço também minha querida irmã, Tathiane, exemplo de criatividade e dedicação à docência.

Agradeço meu namorado, Sebastião, pelas aventuras entre Palmas e Campo Grande, e por me acompanhar em todos os trabalhos de campo.

Agradeço meu orientador, Prof. Dr. Antonio, pelo aprendizado e pela disponibilidade.

Ao Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária – Incra pela licença concedida, em especial aos colegas do Serviço de Meio Ambiente, Murilo, Rafael e Stela, e ao Marcio pelas dicas de QGIS.

Aos professores e colegas do curso de pós-graduação em Ecologia e Conservação.

Aos colegas do Laboratório de Geoprocessamento para Aplicações Ambientais (LabGIS/Faeng/UFMS), em especial Camila e Luana.

Índice

Resumo geral	6
General abstract	7
Introdução geral	8
Capítulo 1. Panorama do uso de softwares livres SIG no Brasil.....	10
Resumo	10
Abstract.....	11
Introdução.....	12
Métodos	14
Resultados	15
Discussão	22
Capítulo 2. Seleção de áreas para reserva legal baseada em multi- critérios: aplicação em projetos de assentamento utilizando softwares livres.....	25
Resumo	25
Abstract.....	26
Introdução.....	27
Métodos	28
<i>Critérios para seleção de reserva legal.....</i>	<i>28</i>
<i>Método Processo Analítico Hierárquico (AHP)</i>	<i>31</i>
<i>Métricas da paisagem</i>	<i>36</i>
<i>Estudos de caso</i>	<i>37</i>
Resultados	40
<i>Método semiautomático proposto</i>	<i>47</i>
Discussão	53
Conclusão geral	55
Literatura citada	56

Resumo geral

Geotecnologias são ferramentas que contribuem para ações de conservação da biodiversidade, e se inserem no contexto de planejamento, execução e monitoramento dessas ações conservacionistas onde o espaço e o tempo são variáveis essenciais. Entre as ações de conservação, podemos citar a seleção de áreas, seja para criação de unidades de conservação, para recuperação ou para a delimitação de reserva legal. As geotecnologias, porém, nem sempre se encontram disponíveis. Assim, nesse contexto, o uso de “softwares” livres se torna uma alternativa viável para planejamento e tomada de decisões. O primeiro capítulo apresenta um panorama do uso dos “softwares” livres no Brasil, demonstrando uma tendência de aumento no seu uso, destacando a área ambiental. Dentro do tema, “softwares” livres, SIG e conservação da biodiversidade, o segundo capítulo apresenta um método semi-automático para delimitação de reserva legal em projetos de assentamentos que se apresenta como ferramenta acessível para ações de conservação da biodiversidade.

Palavras-chave: conservação da biodiversidade; geotecnologias; software livre

General abstract

Geotechnologies are tools that contribute to biodiversity conservation actions, and they are crucial in the context of planning, execution and monitoring of these conservation actions where space and time are essential variables. Among the conservation actions we can mention the selection of protected areas. Geotechnologies, however, are not always available, so in that context, the use of free software becomes a viable alternative to planning and decision making. The first chapter provides an overview of the use of free software in Brazil, demonstrating an increasing trend in their use, highlighting the environmental area. Within the theme, free software, GIS and biodiversity conservation, the second chapter provides a semi automatic method for delimitation of legal reserve in projects of settlements is presented as handy tool for biodiversity conservation actions.

Keywords: biodiversity conservation, geotechnologies, free software.

Introdução geral

A partir do início dos anos 2000, a aplicação de decisões conservacionistas que abrangem diversas escalas de estudo conta com a disponibilidade de novas ferramentas e técnicas, entre elas as geotecnologias, na qual é considerada uma das três mais importantes tecnologias emergentes do século 21, juntamente com a nanotecnologia e a biotecnologia (Gewin 2004, Poiani et al. 2000). Sensores remotos (como fotografias aéreas e imagens de satélite), sistemas de posicionamento global (GPS) e sistemas de informações geográficas (SIG) são identificados como geotecnologias.

Mapeamentos, fornecidos com a utilização de geotecnologias, são fundamentais para o entendimento do estado da biodiversidade numa região. Pela combinação de variáveis biogeográficas (clima, solo, topografia, vegetação) com infraestrutura, uso da terra e dados socioeconômicos, é possível identificar a direção das mudanças na paisagem e seus impactos na biodiversidade (Swetnam & Reyers 2011).

O uso das geotecnologias possibilita a identificação das áreas de preservação permanente e a modelagem das áreas de reserva legal, apontando assim que os instrumentos das geotecnologias são cada vez mais difundidos e utilizados para diversos fins, entre os quais se destaca os trabalhos de interesses ambientais (Miranda et al. 2014).

Assim, interligando as geotecnologias com a conservação da biodiversidade, o presente estudo primeiramente traça um panorama do uso de geotecnologias no Brasil por meio do uso de “softwares” livres, discutindo as tendências de uso, em quais locais e áreas temáticas são mais utilizados, apresentados no Capítulo 1.

O segundo capítulo apresenta o trabalho para a elaboração de um método semiautomático, utilizando geotecnologias e “softwares” livres, para selecionar áreas para reserva legal que contribuam para a conservação dos recursos naturais em projetos

de assentamento. Tal método semiautomático, na forma de tutorial, está no apêndice desta dissertação.

Capítulo 1. Panorama do uso de softwares livres SIG no Brasil

Resumo

O uso crescente de software livre é considerado um fenômeno e o presente estudo tem como objetivo apresentar uma visão geral do uso de software livre em SIG no Brasil, as tendências que definem e as áreas temáticas que são mais utilizados. Para isso, por meio de cienciometria, artigos publicados no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto foram analisados. O evento foi escolhido porque é realizado desde 1978, representando o mais importante congresso de sensoriamento remoto e SIG no Brasil e, portanto, reflete as tendências e uso de geotecnologias em todo o país. Foram analisados os trabalhos até 2013, totalizando 6.778 artigos, entre eles 2.128 citaram a utilização de software livre, houve também uma tendência de aumento na sua utilização, com uma média de 32% dos artigos publicados usando software livre nos últimos 20 anos. O tema "Análise Ambiental" teve o maior número de artigos publicados que utilizaram software livre com 519 artigos.

Palavras-chave: cienciometria, análise ambiental, sensoriamento remoto

Abstract

The increasing use of free software is considered a phenomenon so this article goal is to give an overview of the use of free software in GIS in Brazil, defining trends and the thematic areas that are most used. For this, through scientometrics, articles published in the Brazilian Symposium on Remote Sensing were analyzed. This event has been chosen because it has been accomplished since 1978, represent the most important congress in Brazil and thus reflects the trends and uses of geotechnologies all over the country. It have been analyzed 6778 articles, among them 2128 have cited the utilization of free software, showing also an increasing trend in their use, with an average of 32% of articles published using free software in the past 20 years. The theme “Environmental Analysis” had the largest number of articles published that used free software with 519 articles.

Keywords: scientometrics, environmental analysis, remote sensing

Introdução

Os “softwares” livres à primeira vista se assemelham aos chamados “softwares” não-livres ou proprietários, pois possuem o mesmo objetivo de atender a uma determinada demanda. A diferença entre eles consiste no tipo de licença associada. De acordo com a Fundação Software Livre (“Free Software Foundation” - www.fsf.org), o “software” livre é aquele em que os usuários possuem a liberdade de executar, copiar, distribuir, estudar, mudar e melhorar o “software”, para isso, se enquadra em quatro liberdades da seguinte lista:

1. A liberdade de executar o programa, para qualquer propósito;
2. A liberdade de estudar como o programa funciona e adaptá-lo para as suas necessidades. Acesso ao código fonte é um pré-requisito para esta liberdade;
3. A liberdade de redistribuir cópias, permitindo a ajuda ao próximo;
4. A liberdade de aperfeiçoar o programa e liberar os seus aperfeiçoamentos, de modo que toda a comunidade se beneficie. Acesso ao código-fonte é um pré-requisito para esta liberdade.

Já os “softwares” gratuitos (“freeware”) são outra categoria de programas, disponibilizados sem pagamento, porém podem ter seu código-fonte restrito e não permitirem alterações.

Para precisar o conceito de “software” livre, deve ser observado que o mesmo está associado a um grande movimento social, onde a ideia de liberdade do uso de “softwares” é pregada como solução do problema gerado pela limitação do conhecimento tecnológico imposta pelos sistemas proprietários (Uchoa & Ferreira 2004).

O aumento no desenvolvimento de “software” de código aberto (“open source software”) é visto como fenômeno e o seu sucesso é a rede de contribuição para o

desenvolvimento e difusão do “software” (Von Krogh & Spaeth 2007). Marsan et al. (2012) já haviam apontado o crescente interesse em “softwares” de código aberto. Tal fenômeno pode ser observado no “Source Forge”, um repositório de projetos de código aberto (<http://sourceforge.net>) que lista mais de 430.000 projetos, com 41,8 milhões de usuários.

A tendência dos “softwares” de código aberto de se tornarem mais amigáveis permitirá ainda mais a sua difusão em amplas faixas da população, por outro lado, os “softwares” de fácil utilização e assistência ao usuário são o negócio principal de muitas novas empresas que, por conseguir lucrar com os “softwares” de código aberto, tem demonstrado que, no caso, a palavra “free” é uma questão de liberdade e não de preço (Bonaccorsi & Rossi 2003).

Augusto (2003) buscando entender quais são as motivações e orientações de usuários e desenvolvedores brasileiros de “software” livre, verificou que a comunidade usuária do “software livre” é jovem e predominantemente masculina. De forma geral, os participantes estão buscando aumentar seus conhecimentos técnicos e acreditam que o “software” livre pode ser adaptado a fim de atender às suas necessidades, bem como também há um forte direcionamento contra monopólios.

A adoção de “software” livre, no entanto, não é uma questão simples e que flui numa tendência progressiva e linear, sendo bastante controversa e divide opiniões, tanto de leigos como de especialistas (Guessser, 2005).

Na área de geotecnologias existe um grande potencial do uso de “softwares” livres, segundo Swetnam e Reyers (2011) um dos componentes que influenciam no sucesso do uso de SIG (Sistema de Informação Geográfica) são os investimentos para aquisição e qualificação no uso dessas ferramentas e os “softwares” livres representariam uma forma de diminuição de custos.

Na área de SIG (Sistema de Informação Geográfica), o mercado é dominado por uma empresa que atua em mais de 30% do mercado, englobando “softwares” e serviços (Câmara et al. 2012). Em contraponto, atualmente o projeto FreeGIS (<http://freegis.org>) disponibiliza 356 “softwares” livres para download. De acordo com Steininger & Bocher (2009) a quantidade de novos projetos de “software” SIG sendo iniciado é visivelmente crescente.

O objetivo do presente artigo é traçar um panorama do uso do “software livre” em SIG no Brasil, definindo as tendências de uso, em quais locais e áreas temáticas são mais utilizados.

Métodos

A fonte de dados para a pesquisa foi o acervo do Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), realizado desde 1978 até 2013, com 16 edições, pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O simpósio é o maior evento do Brasil e representa um panorama da utilização do geoprocessamento em diversas áreas do conhecimento por meio de da publicação de trabalhos realizados em todo o país e no exterior.

Por meio de consulta aos anais dos simpósios, cada artigo foi analisado e identificado o “software” livre utilizado. Outras informações também foram coletadas como: Título do trabalho, área, ano e instituição que realizou o trabalho.

O número de artigos publicados em cada ano foi padronizado, dividindo-se o número de artigos que utilizaram “software” livre pelo número total de artigos publicados no ano, e assim, remover o efeito do aumento de publicações ao longo dos anos.

Embora existam diferenças entre os “softwares” livres, de código aberto e os gratuitos, tal discussão não está no escopo desse artigo, assim, de maneira geral foram englobados no termo “software” livres.

Resultados

Foram analisados 6778 artigos publicados no Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, sendo que 2128 citaram a utilização de “software” livre, apresentando uma tendência de aumento no seu uso, com uma média de 32% de artigos publicados utilizando “softwares” livres nos últimos 20 anos (Figura 1), sendo o INPE a principal instituição que contribui com a publicação de artigos (Tabela 1).

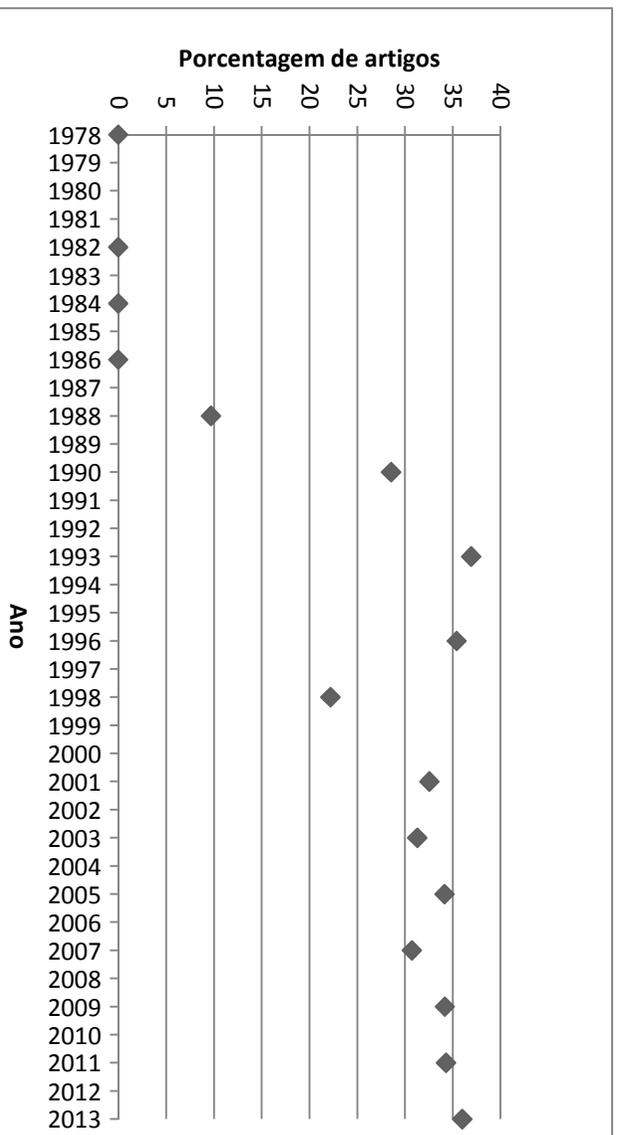


Figura 1. Variação temporal na porcentagem de publicações que utilizaram “software” livre de 1978 a 2013.

Tabela 1. Número de artigos que utilizaram “softwares” livres por instituições brasileiras, de 1978 a 2013.

Instituição	Número de artigos
Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – Inpe	530
Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – Unesp	92
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa	72
Universidade de São Paulo - USP	68
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ	51
Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG	48
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM	45
Universidade de Brasília - UNB	41
Universidade do Vale do Paraíba - UNIVAP	34
Universidade Federal de Viçosa - UFV	31
Universidade Estadual de Campinas - UNICAMP	30
Centro Federal de Educação Tecnológica - CEFET	28
Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME	28
Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS	28
Universidade Federal de Goiás - UFG	27
Universidade Federal do Paraná - UFPR	27
Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE	25
Universidade Estadual do Rio de Janeiro -UERJ	25
Universidade Federal de Lavras - UFLA	24
Universidade Federal de Uberlândia - UFU	23
Universidade Federal Fluminense - UFF	22
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT	21
Universidade Federal de Pernambuco - UFPE	20
Outras instituições com menos de 20 publicações	788

Os dez “softwares” mais utilizados foram (Tabela 2): Spring (Câmara et al. 1996), Google Earth (Google 2013), SGI/SITIM (Engespaço 1995), MODIS Reprojection Tools (USGS 2011), TerraView (INPE 2010), Fragstats (MacGarigal, Cushman & Ene 2012), Ilwis (Meijerink, Valenzuela & Stewart 1988), Weka (Hall et al. 2009), R (R Development Core Team 2011) e Dinamica – EGO (Soares-Filho et al. 2009).

Tabela 2. Relação dos 10 “softwares” mais utilizados de 1978 até 2013.¹

“software”	Aplicações principais	Sistema Operacional suportado	Desenvolvido por	Referências
Spring	Processamento de Imagem, Análise Espacial, modelagem numérica de terreno e consulta a banco de dados espaciais	Windows, Linux e Web	Inpe	http://www.dpi.inpe.br/spring/ (Câmara et al. 1996)
Google Earth	Visualização de imagens de satélite, mapas, terrenos, construções em 3D.	Windows, Macintosh e Linux	Google	https://www.google.com/earth/
MODIS Reprojection Tools	Processamento de imagens do Satélite MODIS	Windows, Macintosh e Linux	NASA	https://lpdaac.usgs.gov/tools/modis_reprojection_tool/
Terra View	Visualizador de dados geográficos com recursos de consulta a análise destes dados e manipulação de dados vetoriais e matriciais	Windows e Linux	Inpe	http://www.dpi.inpe.br/terraview/index.php
Fragstats	“Software” para cálculo de métricas da paisagem	Windows	University of Massachusetts	http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html
Ilwis	Sistema de Informação geográfica e processamento de imagem de sensoriamento remoto	Windows, Macintosh e Linux	World Institute for conservation & Environment, - WICE	http://www.ilwis.org/
Weka	Coleção de algoritmos para aplicação em mineração de dados	Windows, Macintosh e Linux	Universidade de Waikato	http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/
R	Estatística	Windows, Macintosh e Linux	Institut für Statistik und Mathematik WU (Wirtschaftsuniversität Wien)	http://www.r-project.org/
Dinâmica EGO	Modelagem ambiental	Windows	Universidade Federal de Minas Gerais	http://www.csr.ufmg.br/dinamica/

¹ SGI/SITIM não está representado na tabela por sua sucessão pelo software Spring.

Com 519 artigos, o tema Análise Ambiental teve o maior número de artigos publicados que utilizaram “softwares” livre (Figura 2).

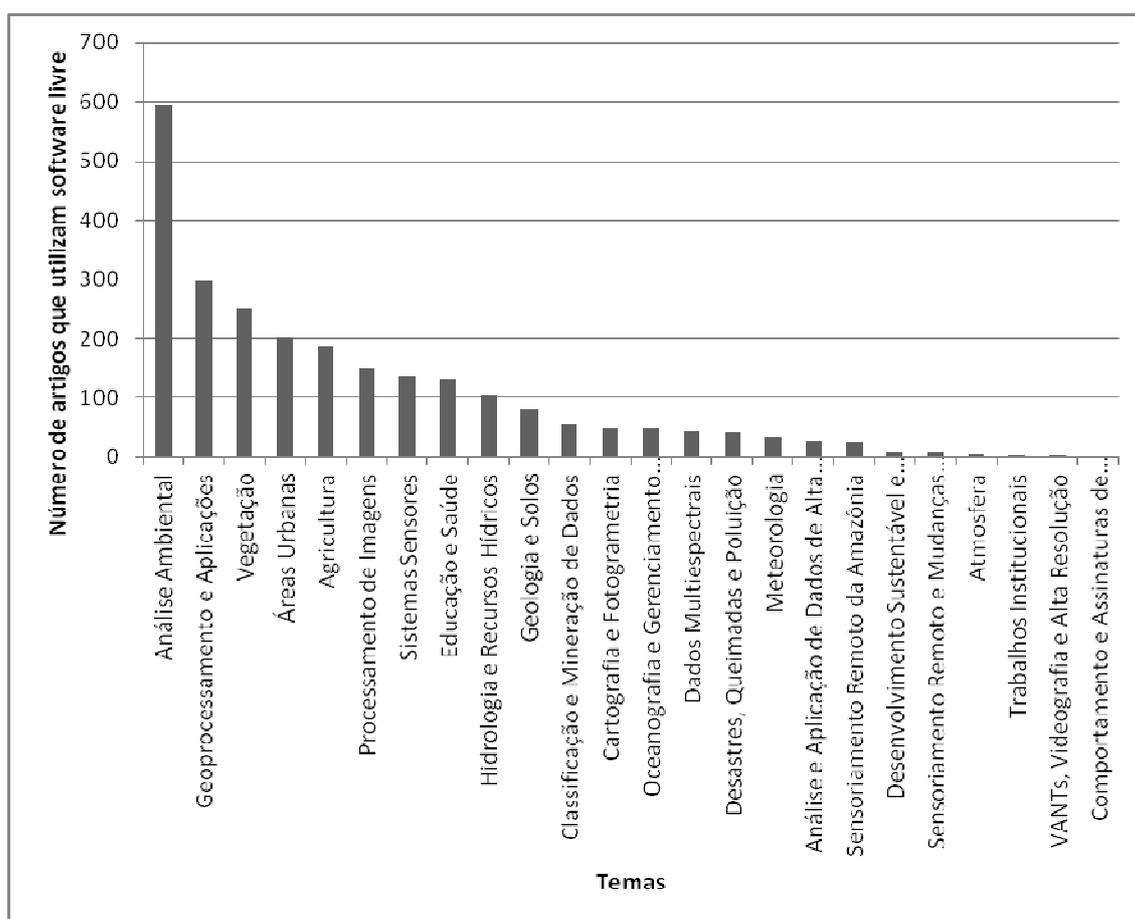


Figura 2. Número de artigos publicados por temas.

Discussão

Como a principal instituição que contribui com a publicação de artigos é o INPE (Tabela 1), com 1462 artigos, o aumento do uso de “softwares” livres na década de 1980 (Figura 1), pode ser explicado pelo desenvolvimento sistema SGI/SITIM pelo INPE entre 1982 a 1991, na qual era utilizado pela maioria de laboratórios de sensoriamento remoto em todo o país. Em 1991, começou o desenvolvimento do Spring, “software” projetado para enfrentar os desafios do Brasil no monitoramento de recursos naturais e humanos, estando disponível em 1996 (Câmara et al. 1996).

Diferentes tipos de “softwares” são necessários para construir uma infraestrutura de dados espaciais (Figura 3). Além do “software” para coletar, preparar e analisar os dados, que pode ser realizado com um SIG “desktop”, para armazenar grande quantidade de dados são frequentemente utilizados os bancos de dados geográficos. Para compartilhamento de dados, um servidor web e “software” de cliente podem ser úteis para disponibilização de dados *online* (Steininger & Bocher 2009).

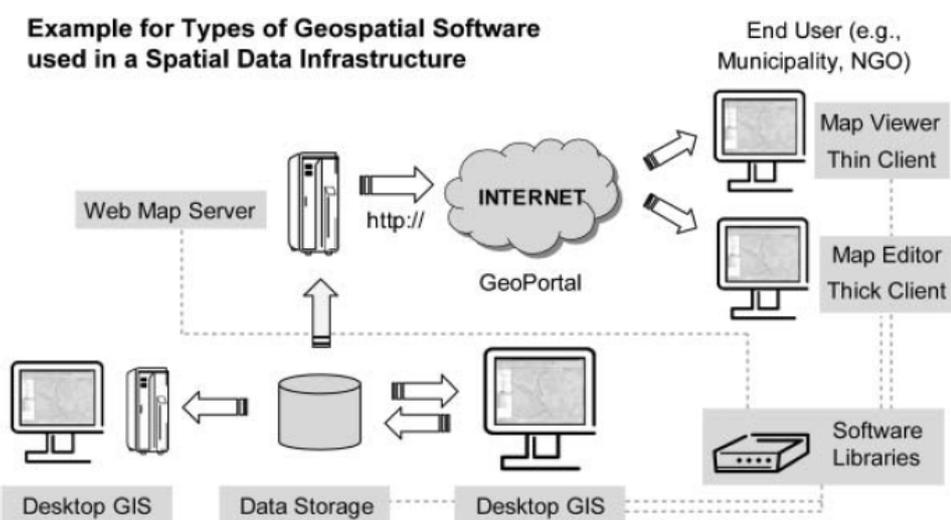


Figura 3. Exemplo de tipos de “softwares” utilizados em infraestrutura de dados espaciais (Steininger & Bocher 2009).

Em relação à utilização de “software” livre no Brasil, Hexsel (2012) destaca que ainda não há massa crítica de programadores, desenvolvedores e nem de usuários. Considerando-se as inúmeras vantagens da adoção de “software” livre em larga escala no país, os administradores poderiam e deveriam incentivar a sua utilização, de forma que o uso de “software” livre produza os benefícios econômicos e sociais que lhe são característicos.

Guesser (2005) destaca entre as diversas controvérsias na utilização de “softwares” livres no Brasil:

- Controvérsias políticas: Em nível administrativo, apesar de toda movimentação em favor do “software” livre, existem restrições à sua adoção, principalmente pela cultura de “software” proprietário;
- Controvérsias sociais: A manipulação da tecnologia livre pelo usuário comum é uma das principais dificuldades apontadas, mesmo com a difusão de comunidades e acesso a tutoriais na internet;
- Controvérsias econômicas: Falar em “software” livre não quer dizer falar em “software” gratuito. No entanto, a argumentação da economia que se pode fazer com o não-pagamento de *royalties* é a mais utilizada para defender a escolha por este tipo de “software”, se por um lado esta conversão pode apresentar-se como um fator positivo, uma vez que significa gerar empregos locais e desenvolver tecnologia nacional, por outro se somam advertências negativas, como a carência relativa de profissionais especializados para exercer funções de manipulação, desenvolvimento e pesquisas específicas.

Mesmo com todas as controvérsias e adversidades encontradas, nota-se que houve aumento no uso de “softwares” livres, principalmente pelo fator econômico e o acesso a tutoriais e manuais existentes na rede.

Capítulo 2. Seleção de áreas para reserva legal baseada em multi-critérios: aplicação em projetos de assentamento utilizando softwares livres

Resumo

Como selecionar áreas para reserva legal que contribuam efetivamente para a conservação dos recursos naturais em projetos de assentamento? O presente trabalho, focado em conservação, busca contribuir com essa seleção por meio da elaboração de um método semiautomático utilizando “softwares” livre: primeiramente, um mapeamento das características que influenciam a conservação da área de interesse foi realizado, como, hidrografia, remanescentes de vegetação, estradas, declividade e a capacidade de uso da terra. Tais características foram utilizadas como critérios para locação da área de reserva legal por meio do Processo Analítico Hierárquico, atribuindo diferentes pesos para cada um destes critérios. Após a seleção multicritério, as regiões mais adequadas foram comparadas para seleção dos critérios. Como validação, o método semiautomático foi aplicado em 4 (quatro) projetos de assentamento em áreas de Cerrado do Estado do Tocantins e comparados com a situação atual por meio da análise de paisagem. Como resultado, a seleção de reserva legal multicritérios, atribuindo maiores pesos para áreas próximas a cursos d’água e remanescentes de vegetação nativa, resultou em melhor conectividade da paisagem, podendo ser proposto e utilizado tanto em projetos de assentamento da reforma agrária como nas demais propriedades rurais, pois utiliza “softwares” livres e dados gratuitos (como imagens de satélite) se tornando acessível aos interessados.

Palavras-chave: processo analítico hierárquico, sistema de informações geográficas, ecologia da paisagem

Abstract

How to select areas of legal reserves that it contribute to the conservation of natural resources in settlement projects of land reform? We developed a template to select this area, considering multi-criteria as map the characteristics that influence the conservation, as hydrography, remnants of vegetation, roads, slope, and the ability to use the land. To select the most appropriate area of legal reserve was used analytic hierarchy process, through assigning different weights to the criteria. After the development of simulation maps, the maps will be compared on the basis of landscape analysis for the selection of the most appropriate method. It was conducted in four (4) settlement projects in the State of Tocantins. As a result, the template shown resulted in better connectivity of the landscape and can be used in settlement projects of land reform as other farms.

Keywords: Analytic Hierarchy Process (AHP), Geographic Information System (GIS), landscape ecology

Introdução

A população ao redor do mundo, bem como sua pressão sobre os recursos naturais, são distribuídas de forma desigual ao redor do mundo, essa mesma forma não uniforme ocorre com a distribuição da biodiversidade. Em função desses dois padrões, esforços diferenciados são necessários para o planejamento e ações de conservação da biodiversidade (Brooks 2010). A conservação de recursos naturais não se restringe apenas à proteção de florestas primárias ou demais ecossistemas naturais, mas também deve abranger paisagens alteradas por atividades humanas (Walz & Syrbe 2013), como as destinadas a produção agropecuária.

A legislação brasileira, com intuito de auxiliar a conservação e a reabilitação dos processos ecológicos e promover a conservação da biodiversidade, estabelece que propriedades mantenham uma área de vegetação nativa, denominada reserva legal (Brasil 2012). Áreas de reserva legal promovem a conservação da biodiversidade em escala local (metros quadrados a centenas de hectares). Nessa escala local, contribuem para conservação de espécies restritas a esses habitats, por serem imóveis ou com baixa dispersão, como espécies de invertebrados e plantas (Poiani et al. 2000).

A conservação da biodiversidade em paisagens com produção agrícola é extremamente necessária para apoiar os serviços ecossistêmicos vitais e para proteger a biodiversidade global (Fischer et al. 2006).

Encontrar o local adequado para destinação da reserva legal de uma propriedade demanda uma avaliação para conciliar a conservação dos recursos naturais com a função produtiva desta propriedade. De acordo com Matsumoto (2012), a avaliação da importância de uma área candidata a reserva legal pode ser determinada como base na riqueza de espécies, no estado de conservação da vegetação, na presença/ausência de espécies ameaçadas, entre outros critérios, porém, nem sempre

esses dados estão disponíveis, assim, o mesmo autor sugere considerar o tamanho, forma e configuração dos remanescentes, que são parâmetros que expressam correlação com as variáveis de biodiversidade.

A localização da área de reserva legal dentro da propriedade ou posse rural não é necessariamente de livre escolha do proprietário ou dos possuidores do imóvel, pois necessita de aprovação pelo órgão ambiental competente, que deverá considerar a função socioambiental da propriedade, além de outras características como a proximidade da vegetação com outra reserva legal, com áreas de preservação permanente ou unidade de conservação, o que contribuiria para a formação de um corredor de biodiversidade entre tais áreas, ampliando o contato entre os ecossistemas ambientalmente protegidos (Silva 2013).

Para que a questão de conservação dos recursos naturais não venha a ser negligenciada com a utilização de critérios que visam apenas beneficiar a capacidade produtiva da propriedade, delimitando a reserva legal em área com inaptidão agrícola, deve-se, além de critérios econômicos, utilizar critérios ambientais.

O presente trabalho busca a elaboração de um método semiautomático para seleção de áreas de reserva legal com o uso de “softwares” livres.

Métodos

Baseado no objetivo de delimitar áreas para reserva legal, o método semiautomático proposto seleciona as áreas a partir de métodos multicritérios e avalia os resultados por meio de análise de métricas da paisagem.

Critérios para seleção de reserva legal

Para a seleção das áreas de reserva legal, o procedimento metodológico adota os seguintes critérios (adaptado de Valente et al. 2008; Molin & Stape 2007): proximidade

dos recursos hídricos; proximidade da vegetação nativa; declividade; capacidade de uso da terra e distância de estradas.

Para cada critério foi elaborada uma camada (*layer*) com um mapa de pesos em um sistema de informações geográficas (SIG), que atribuiu valores maiores para as áreas mais adequadas a seleção da reserva legal (Figura 4) por meio do “software” QGIS (QGIS Development Team 2014), através de edição vetorial, ou do “plug in” Multi-distance buffer (Tveite 2015).



Figura 4. Gradiente de atribuição de pesos.

O mapa de pesos de cada critério foi rasterizado e retiradas as áreas de preservação permanente que não são incluídas nas áreas de reserva legal, esses procedimentos foram realizados no software QGIS (QGIS Development Team 2014) utilizando as funções conversão (vetor para raster) e a calculadora raster.

Nessa fase as áreas de preservação permanente podem ser excluídas, observando que a admissão do cômputo das APPs no cálculo do percentual de RL podem ser realizadas desde que não implique a conversão de novas áreas para o uso alternativo do solo, a área a ser computada esteja conservada ou em processo de recuperação, conforme comprovação do proprietário ao órgão estadual integrante do Sisnama e o proprietário ou possuidor tenha requerido inclusão do imóvel no Cadastro Ambiental Rural – CAR (Brasil, 2012).

Método Processo Analítico Hierárquico (AHP)

Após criar as camadas para cada critério de cada projeto de assentamento, a seleção multicritério utilizará o método Processo Analítico Hierárquico (AHP – “Analytic Hierarchy Process”) (Saaty 1987), utilizando o “plug in” Easy AHP (Bilgin 2014) no “software” QGIS.

Para a tomada de decisão por meio do método AHP de forma organizada, segundo Saaty (2008), devemos seguir os passos:

1. Definir o problema e o tipo de solução buscada, no caso, a seleção de áreas de reserva legal que contribua para a conectividade da paisagem;
2. Construção de uma estrutura hierárquica de decisão. No topo os objetivos são apresentados, em seguida, uma abordagem de uma perspectiva mais ampla, critérios de um nível intermediário para um nível mais baixo (Figura 5);

3. Definição de prioridades por meio de atribuição de pesos comparáveis entre os critérios.



Figura 5. Estrutura hierárquica de decisão.

A atribuição de pesos para cada critério de aspectos ecológicos e socioeconômicos é realizado em 5 (cinco) simulações, denominadas AHP1, AHP2, AHP3, AHP4 e AHP5 (Tabela 3), os pesos atribuídos são apresentados no Apêndice I.

Tabela 3. Simulações do método Processo Analítico Hierárquico.

Denominação	Critérios
AHP 1	Pesos iguais, considerando que todos os critérios possuem a mesma importância.
AHP 2	Peso maior para aspectos ecológicos, considerando que a proximidade à vegetação nativa e aos recursos hídricos.
AHP 3	Peso maior para aspectos ecológicos, considerando que a proximidade à vegetação nativa, aos recursos hídricos e a distância das estradas.
AHP 4	Determinou-se a atribuição de pesos pareados entre proximidade aos recursos hídricos, proximidade a vegetação nativa, distância de estrada, declividade e capacidade de uso da terra, sendo, respectivamente, maior peso e menor peso.
AHP 5	Peso maior para aspectos produtivos como capacidade de uso da terra e declividade.

Após aplicação do método AHP, como resultado é apresentada uma camada raster variando de 0 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 melhor este local será para destinação de reserva legal.

Cada camada foi vetorizada e os valores transformados em porcentagem e definido uma classe que varia de 0 a 100, onde valores próximos de 100 são mais adequados para reserva legal segundo critérios e pesos estabelecidos. Por meio do “plug in” GroupStats (Szostok 2013) foi calculada a área de cada classe por camada e posterior plotagem em gráfico de frequências. Após a plotagem foi selecionado o método AHP na qual apresentasse regiões com maiores valores de peso.

Para delimitação da área de reserva legal, foram excluídos os anéis (áreas vazadas do polígono), realizado uma simplificação das geometrias visando sua adequação para demarcação em campo com a redução de vértices. Tal simplificação foi realizada com “plug in” Ftools que utiliza o algoritmo de Douglas-Peucker e por meio do “plug in” Lecos calculada as métricas da paisagem (Jung 2012).

Após a realização dos procedimentos descritos, tem-se para cada um dos quatro projetos de assentamento as melhores regiões para destinar a reserva legal. O mapa gerado para cada caso possui duas classes reserva legal (habitat) e demais áreas (não habitat), considerando que um cenário onde áreas que não seja nem RL nem APP sejam completamente desmatadas.

Métricas da paisagem

A conectividade da paisagem é o grau em que a paisagem facilita ou impede a movimentação entre as manchas de vegetação (Taylor et al. 1993). Adotou-se a conectividade estrutural para analisar a paisagem, que é caracterizada pela composição, disponibilidade relativa dos habitats e seu arranjo espacial (Freemark et al. 1993). Como

indicador para tomada de decisão em conservação, é possível utilizar índices de métricas da paisagem, onde são de fácil obtenção e apresentam menor custo quando comparados, por exemplo, ao uso de espécies indicadoras (Banks-Leite et al. 2011).

A métrica utilizada foi a da dimensão efetiva da malha (“effective mesh size”) que se baseia na capacidade de dois animais que, colocados em diferentes áreas em algum ponto da região, possam se encontrar dentro da paisagem (Jaeger, 2000). Quanto mais fragmentada for uma paisagem, menor a probabilidade desses dois pontos estarem conectados, logo, mais baixo o valor de “Effective Mesh Size”.

Estudos de caso

O Estado do Tocantins possui 377 assentamentos, com 24.158 famílias assentadas em 1.235.807,42 ha, correspondendo a 4,49% da área total do Estado, evidenciando a importância da política de reforma agrária para o Estado, bem como, a responsabilidade da adequação ambiental dos assentamentos, contribuindo para a conservação dos recursos naturais, por meio de áreas de preservação permanente e reserva legal.

Para elaborar um método semiautomático de delimitação de reserva legal baseado no modelo proposto no presente estudo, foram selecionados 4 (quatro) projetos de assentamentos localizados no Estado do Tocantins. Os projetos de assentamento estão situados no Cerrado, bioma que predomina em quase todo o Estado, configurando-se em um grande mosaico de paisagens naturais, dominado por diferentes fisionomias (Silva 2007).

Os projetos de assentamento possuem regime especial para o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e para delimitação de reserva legal (MMA 2014). Projetos de Assentamentos criados até 22 de julho de 2008, a reserva legal será estabelecida nas áreas com vegetação nativa até a data citada, mesmo sendo inferior ao exigido no

Código Florestal (Brasil 2012). Já os projetos de assentamentos criados após o dia 22 de julho de 2008, seguem o estabelecido no Código Florestal. Utilizou-se o que dispõe o Código Florestal, e por se localizarem em região de cerrado na Amazônia Legal, os 4 (quatro) assentamentos devem ter 35% de sua área destinadas a reserva legal.

Os dados de entrada para os 4 (quatro) projetos de assentamentos selecionados são descritos na Figura 6.

Critérios	Descrição dos métodos de mapeamento	Referências
<p data-bbox="344 517 480 573">Proximidade aos recursos hídricos</p> 	<p>Mapeamento dos recursos hídricos realizado pela equipe técnica do Incra no momento de vistorias de desapropriação. Mapa de distâncias gerado no plugin Multi-distance Buffer (software Quantum GIS), edição vetorial e rasterização.</p>	<p>Silva (2005); Pádua (2004); Curado (2004); Camargo & Pinto (2002) e Oliveira (2004)</p>
<p data-bbox="344 799 480 855">Proximidade à vegetação nativa</p> 	<p>Mapeamento da vegetação nativa através da classificação de imagens Landsat na data de criação do projeto de assentamento (Software Spring). Mapa de distâncias gerado no plugin Multi-distance Buffer, edição vetorial e rasterização.</p>	<p>Câmara et al. (1996)</p> <p>Imagens utilizadas: Landsat 5 TM Orbita/Ponto/Data de Passagem 222/065 11/09/2003 223/067 10/09/2006 222/067 03/11/2005 222/069 30/07/2005 222/067 22/08/2005</p>
<p data-bbox="363 1081 461 1111">Declividade</p> 	<p>Dados SRTM do Projeto Topodata, gerando um mapa de declividade através do software Spring, atribuindo valores menores para áreas planas.</p>	<p>Valeriano (2005) e Câmara et al. (1996)</p> <p>Dados SRTM utilizados: 12S495ZN 09S51_ZN 09S495ZN 12S51_ZN 12S495_ZN</p>
<p data-bbox="363 1364 461 1420">Distância de estradas</p> 	<p>Mapeamento de estradas realizado pela equipe técnica do Incra no momento de vistorias de desapropriação. Mapa de distâncias gerado no plugin Multi-distance Buffer (software Quantum GIS), edição vetorial e rasterização.</p>	<p>Silva (2005); Pádua (2004); Curado (2004); Camargo & Pinto (2002) e Oliveira (2004)</p>
<p data-bbox="336 1646 488 1702">Capacidade do uso da terra</p> 	<p>Mapeamento da capacidade do uso da terra realizado pela equipe técnica do Incra no momento de vistorias de desapropriação conforme Manual de Obtenção de Terras do Incra. Posterior edição vetorial e rasterização. Locais com maior aptidão agrícola receberam valores menores, e com menor aptidão agrícola, valores maiores.</p>	<p>Silva (2005); Pádua (2004); Curado (2004); Camargo & Pinto (2002); Oliveira (2004) e Incra (2007)</p>

Figura 6. Entrada de dados espaciais no Processo Analítico Hierárquico.

Resultados

As regiões com maiores pesos, resultado do processo analítico hierárquico, resulta em melhores opções de áreas para destinação da reserva legal. Assim, a simulação mais satisfatória é o que contempla toda área necessária de reserva legal com as regiões que apresentam os maiores pesos. A simulação AHP 2, que atribui pesos maiores para áreas ao longo dos recursos hídricos e remanescentes florestais, obteve o percentual de área de reserva legal com áreas com pesos maiores, se adequando como opção de delimitação de reserva legal ao método proposto nos quatro projetos de assentamento (Figuras 7, 8, 9 e 10).

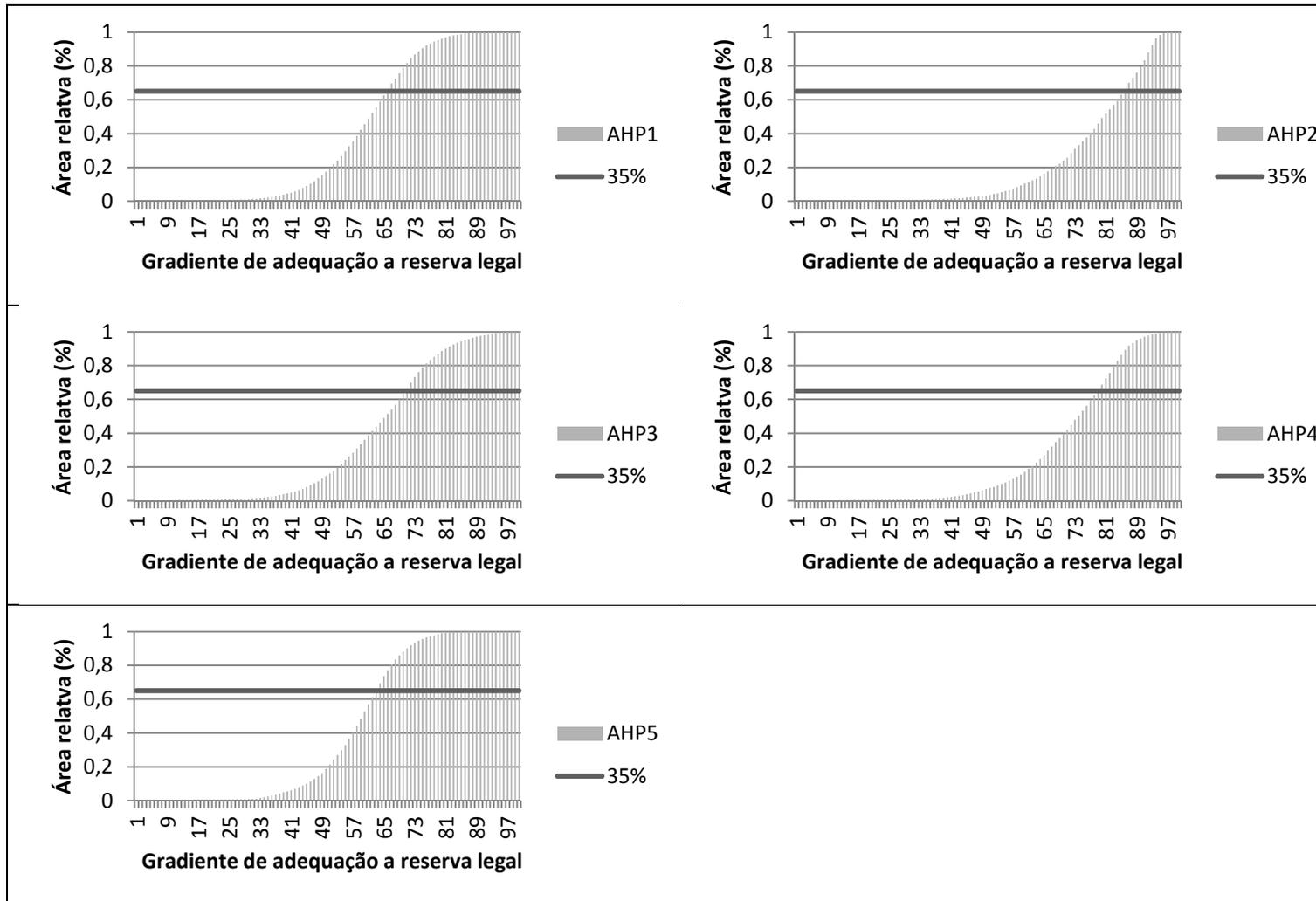


Figura 7. Distribuição de área por meio do gradiente de adequação de reserva legal para cada simulação de AHP do Projeto de Assentamento 1.

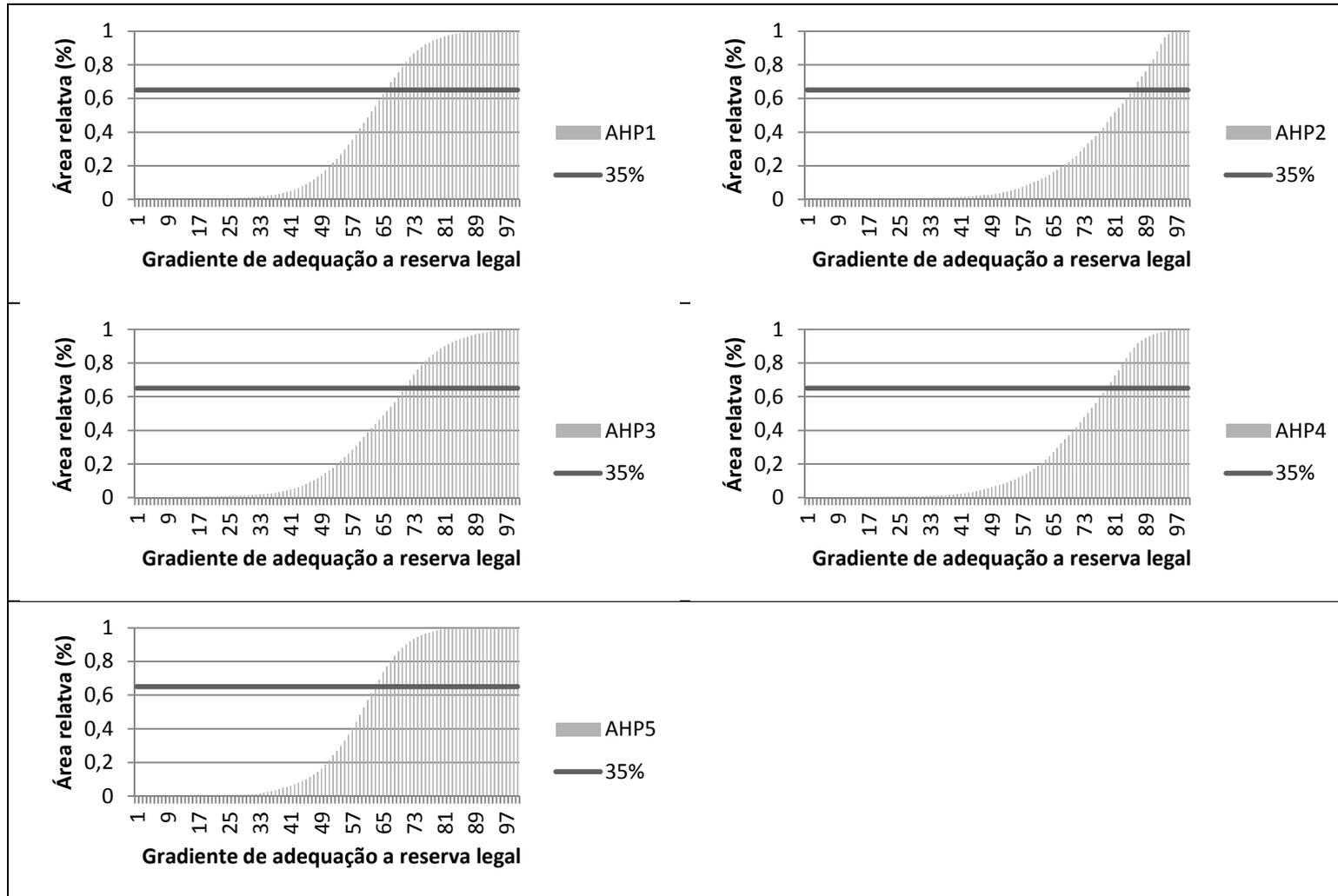


Figura 8. Distribuição de área por meio do gradiente de adequação de reserva legal para cada simulação de AHP do Projeto de Assentamento 2.

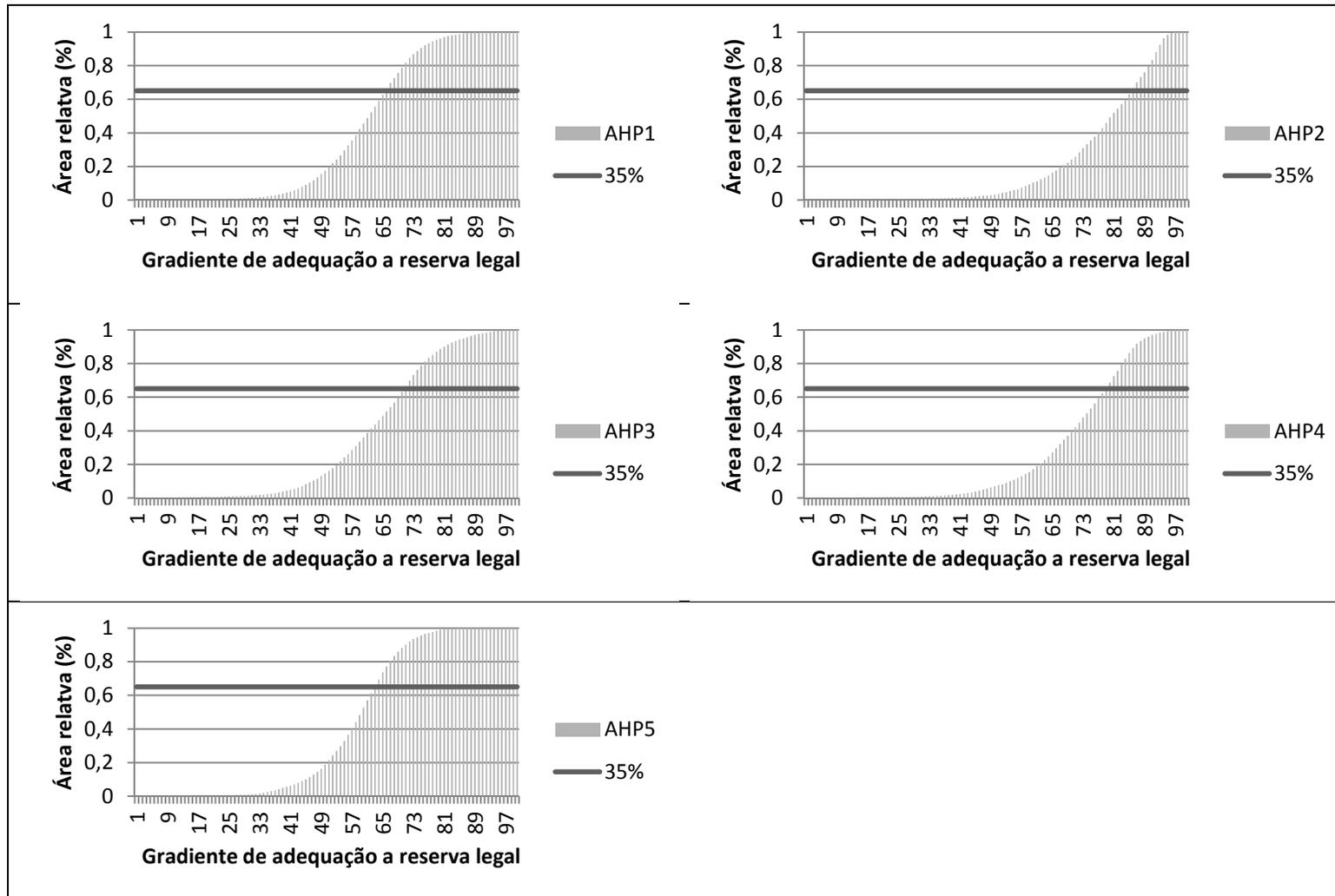


Figura 9. Distribuição de área por meio do gradiente de adequação de reserva legal para cada simulação de AHP do Projeto de Assentamento 3.

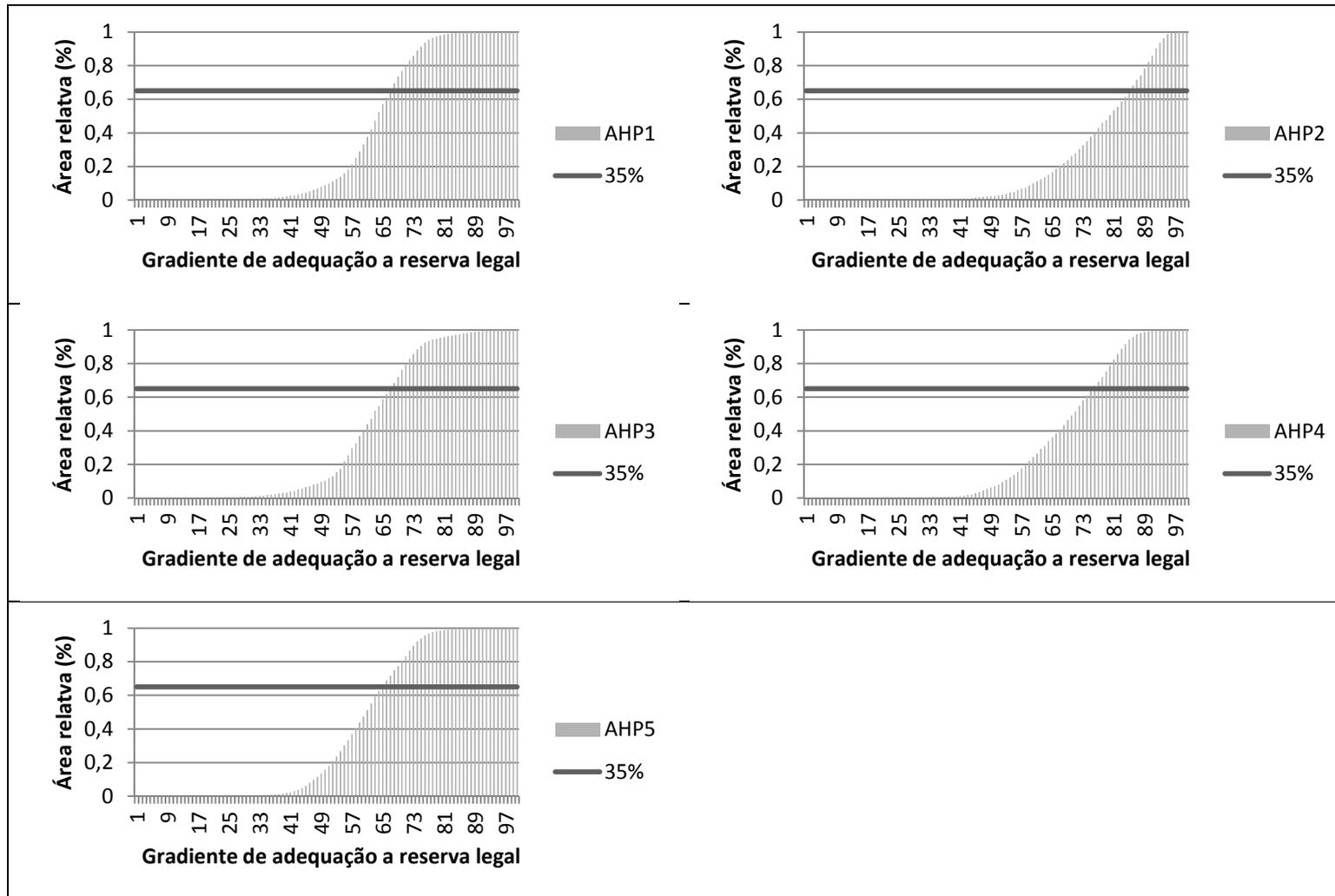


Figura 10. Distribuição de área por meio do gradiente de adequação de reserva legal para cada simulação de AHP do Projeto de Assentamento 4.

Os projetos de assentamento estudados possuem famílias assentadas e sua organização territorial definida, com reserva legal e lotes. Após a análise multicritérios, o mapa elaborado por meio do AHP2 foi comparado com a situação atual desses projetos de assentamento por meio da análise da conectividade (Figura 11).

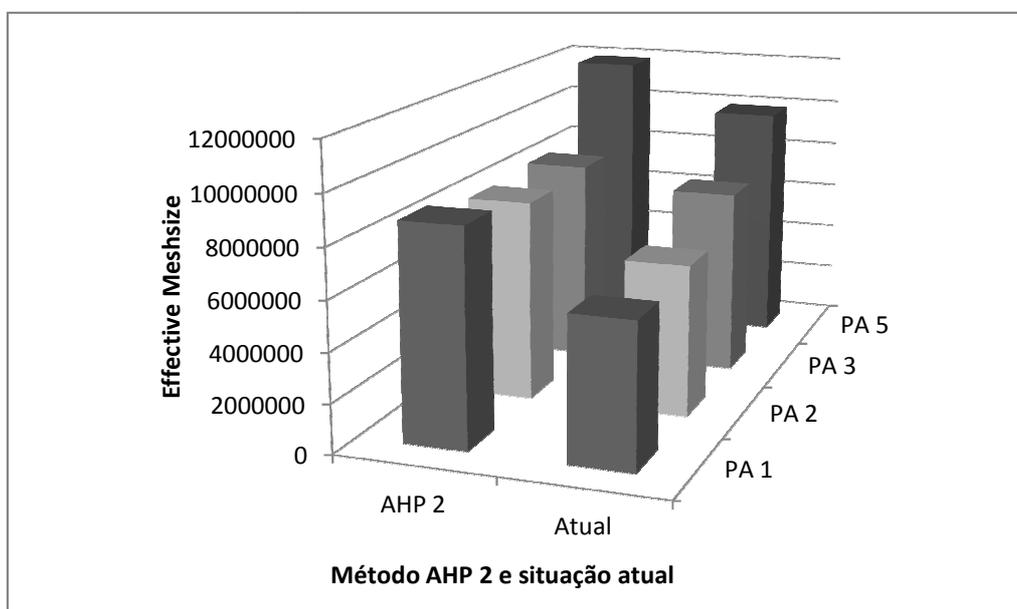


Figura 11. Comparação entre a simulação de reserva legal AHP2 e a situação atual.

Método semiautomático proposto

O método semiautomático proposto está representado na Figura 12 e o tutorial passo-a-passo utilizando “software” livre no Apêndice 2.

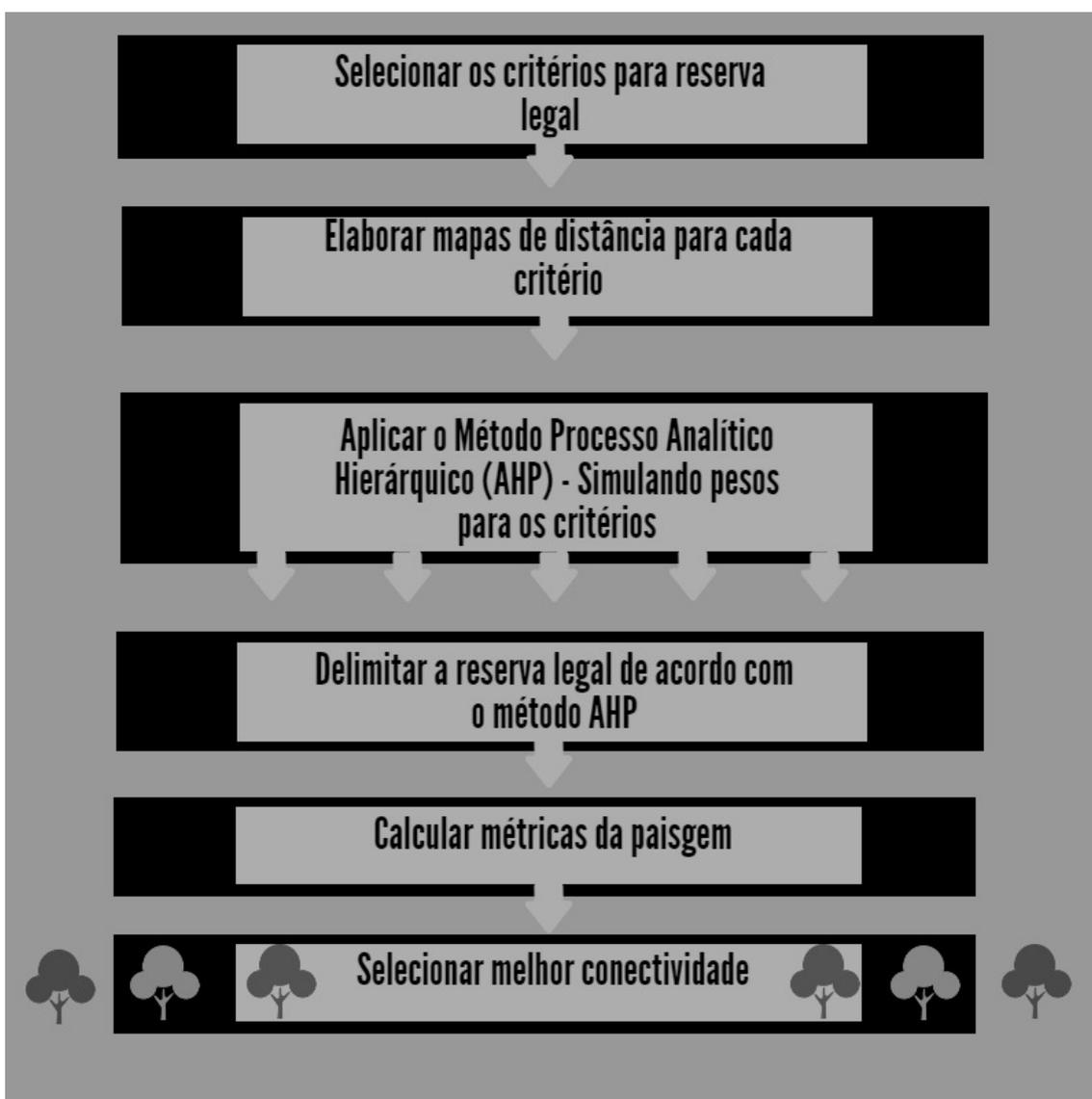


Figura 12. Fluxograma do método semiautomático proposto.

Para ilustrar a aplicação do método semiautomático proposto, a Fazenda Mirador, Município de Rio dos Bois/TO, foi utilizada como modelo. Essa Fazenda foi desapropriada para fins de reforma agrária para criação de um projeto de assentamento.

Os mapas de pesos de cada critério foram elaborados (Figura 13) e aplicado a simulação AHP 2 (Figura 14), sendo a reserva legal vetorizada conforme método aplicado (Figura 15).

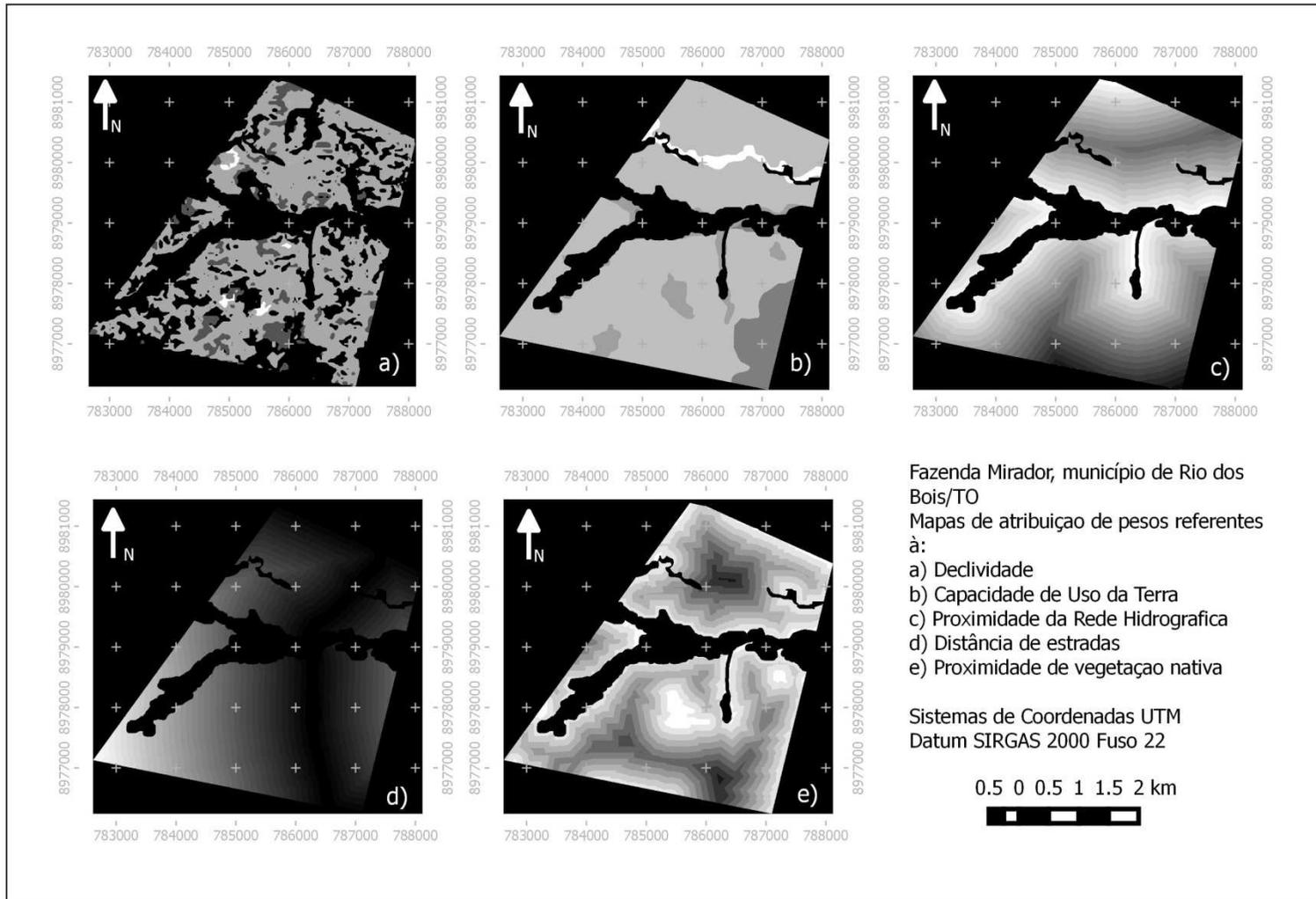


Figura 13. Mapas de atribuição de pesos para cada critério.

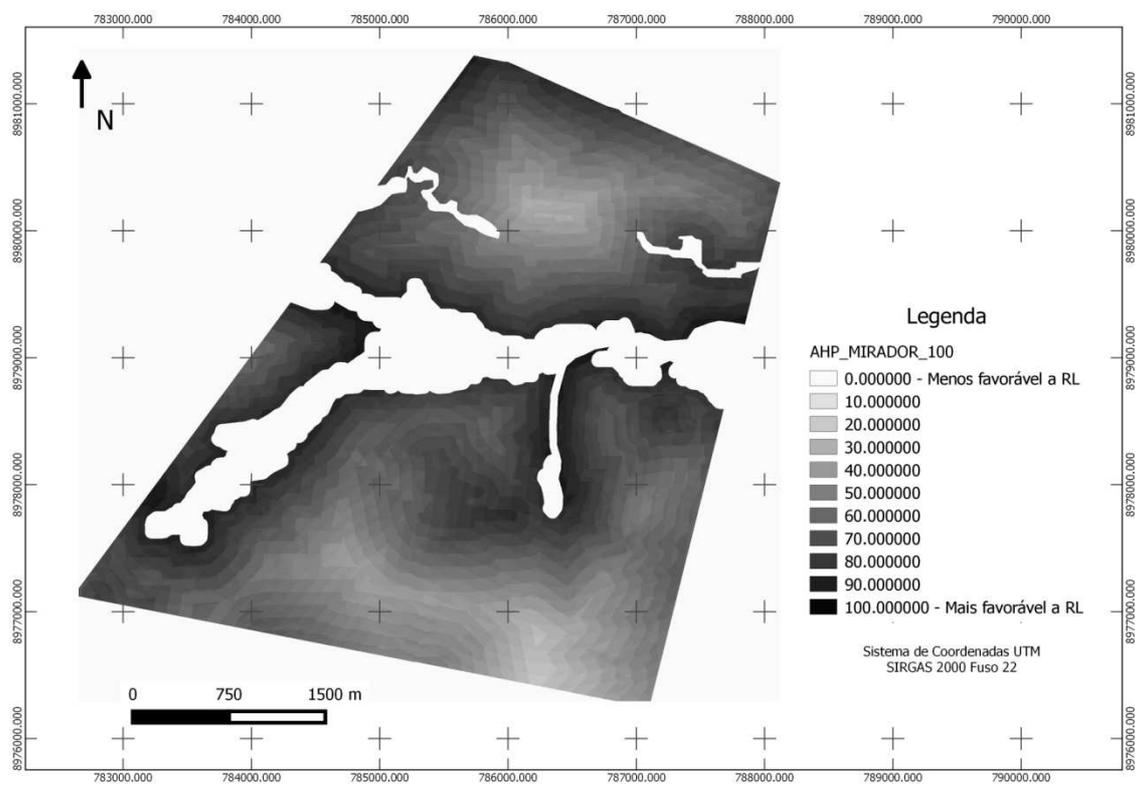


Figura 14. Mapa resultante da aplicação do método AHP 2.

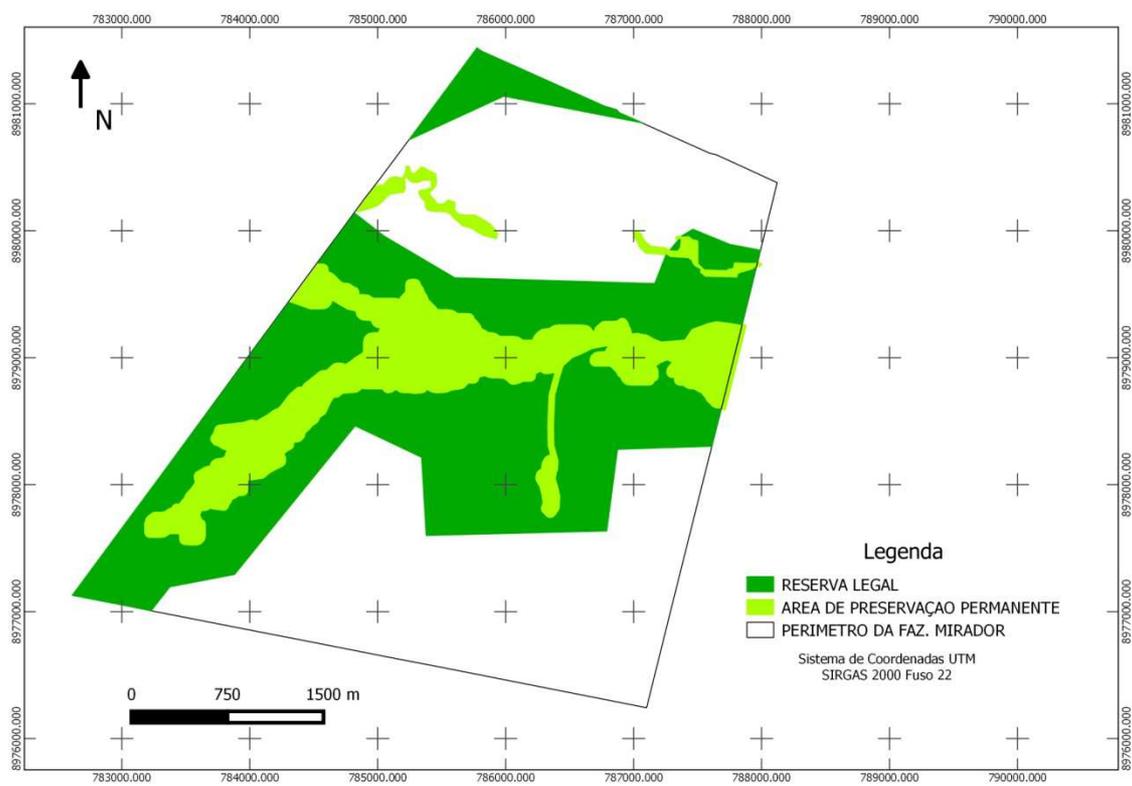


Figura 15. Mapa final da seleção de reserva legal baseada em multicritério.

Discussão

O resultado que demonstra que a simulação AHP 2 (que atribui pesos maiores para áreas ao longo dos recursos hídricos e remanescentes florestais) possui melhor desempenho entre as seleções multicritérios, apoia a importância da localização das áreas de reserva legal próximo as áreas de preservação permanente. Essas áreas definidas por lei (Brasil 2012) ao longo de cursos d'água podem ser insuficientes, devido suas múltiplas funções: incluindo a fixação de solo, proteção de recursos hídricos e conservação de fauna e flora (Metzger 2010).

Os remanescentes de vegetação nativa devem ser incluídos na área de reserva legal, priorizando também suas áreas adjacentes, contribuem para áreas formação de maiores conglomerados de habitats.

Além da conservação dessas áreas protegidas por lei, como áreas de preservação permanente e reserva legal, a manutenção de uma matriz estruturalmente complexa é particularmente importante quando a proporção de terras ocupadas pela matriz é grande e também onde as áreas de vegetação nativa são pequenas ou mal conectadas. Para manter a conectividade para uma grande variedade de espécies e processos ecológicos, uma mistura de estratégias deve ser utilizada, reconhecendo, assim, a complementaridade de uma matriz estruturalmente complexa, com corredores diferentes atributos, e trampolins. Corredores e trampolins são particularmente importantes quando a matriz proporciona uma barreira para o movimento real em muitas espécies ou processos ecológicos importantes (Fischer et al. 2006).

Embora existam estudos para definição de reserva legal e recuperação de área considerando paisagens antropizadas, onde o percentual de vegetação nativa é inferior ao exigido por lei (Gama et al. 2013; Tambosi et al. 2014), o planejamento adequado em propriedades para locação de reserva legal é imprescindível para melhor delimitação

dos locais a serem conservados ou manejados e dos locais a serem destinados a produção agrícola, já que em muitos momentos o desmatamento ainda é essencial no funcionamento de propriedades agrícolas.

Nos sistemas de produção familiares, a dificuldade de redução de desmatamentos, principalmente pelo pequeno, constitui-se em um complexo problema a ser enfrentado, na medida em que a redução a desmatamento zero, sem alternativa de renda, pode ter impacto direto na exclusão de parte destes atores da área (Macedo et al. 2013).

O método proposto pode ser aplicado tanto em projetos de assentamento como em propriedades rurais, além de que o uso de “softwares” livres (QGIS e Spring) o torna acessível financeiramente, já que pesquisas que englobam conservação dos recursos naturais devem estar disponíveis para profissionais da área (Knight et al. 2008). Algoritmos de seleção de áreas protegidas baseados em riqueza de espécies (por exemplo, Margules et al. 1988) não são aplicáveis em condições de tempo e recursos escassos, alternativas para viabilizar essa seleção baseando-se em conceitos já estabelecidos para conservação, como ecologia da paisagem, podem se tornar mais eficazes do que uma seleção aleatória ou apenas do ponto de vista econômico.

Conclusão geral

O método semiautomático proposto se apresenta como ferramenta viável na seleção de áreas de reserva legal, devido aos aspectos técnicos, com a atribuição de critérios ambientais e socioeconômicos, e aplicáveis, com a utilização de “software” livre e elaboração do tutorial.

Literatura citada

Augusto MP. 2003. Um estudo sobre as motivações e orientações de usuários e programadores brasileiros de software livre. Dissertação (Mestrado em Administração). Instituto COPPEAD de Administração, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 99p.

Banks-Leite C, Ewers RM, Kapos V, Martensen AC & Metzger JP. Comparing species and measures of landscape structure as indicators of conservation importance. *Journal of Applied Ecology* 48(3): 706-714.

Bilgin MS. 2014. Plugin: Easy AHP. <https://plugins.qgis.org/plugins/EasyAHP/>

Bonaccorsi A, Rossi C. 2003. Why open source software can succeed. *Research policy*, 32 (7): 1243-1258.

Brasil. 2012. Lei nº 12.651, de 25 de maio de 2012.

Brooks T. 2010. Conservation planning and priorities. *Conservation biology for all*. Oxford University Press, New York, 199-219.

Câmara G, Souza RCM, Freitas UM, Garrido J. 1996. SPRING: Integrating remote sensing and GIS by object-oriented data modelling. *Computers & graphics*. 20(3): 395-403.

Câmara G, Vinhas L, de Souza RCM. 2012. Free and open source GIS: will there ever be a geo-Linux?. In: Bocher, E. (ed). *Geospatial free and open source software in the 21st century*. Springer Berlin Heidelberg: 229-245.

Engespaço. 1995. SITIM-SGI: Manual do Usuário, Versão 2.5, 3 Volumes, São José dos Campos.

Fischer J, Lindenmayer DB & Manning AD. 2006. Biodiversity, ecosystem function, and resilience: ten guiding principles for commodity production landscapes. *Frontiers in Ecology and the Environment* 4(2): 80-86.

Freemark KE, Probst JR, Dunning JB, Hejl SJ. 1993. Adding a landscape ecology perspective to conservation and management planning. In: Status and management of neotropical migratory birds (Eds DM Finch, PW Stangel), pp. 346-352. Estes Park, Colorado.

Gama VF, Martensen AC, Ponzoni, FJ, Hirota MM & Ribeiro MC. 2013. Site Selection for Restoration Planning: A Protocol With Landscape and Legislation Based Alternatives. *Natureza & Conservação* 11(2):1-12.

Gewin V. 2004. Mapping opportunities. *Nature* 427:376–377.

Google 2013. Google Earth. Disponível em: www.earth.google.com

Guessier AH. 2005. Software livre e controvérsias tecnocientíficas: uma análise sociotécnica no Brasil e em Portugal. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política). Programa de Pós-Graduação em Sociologia Política, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 183p.

Hall M, Frank E, Holmes G, Pfahringer B, Reutemann P & Witten IH. 2009. The WEKA data mining software: an update. *ACM SIGKDD explorations newsletter* 11(1): 10-18.

Hexzsel RA. 2012. Software Livre. Paraná: Universidade Federal do Paraná, 2003.

Inpe. 2010. TerraView. São José dos Campos, SP.

Jaeger JA. 2000. Landscape division, splitting index, and effective mesh size: new measures of landscape fragmentation. *Landscape ecology* 15(2): 115-130.

Jung M. 2012. LecoS - A QGIS plugin to conduct landscape ecology statistics. <http://plugins.qgis.org/plugins/LecoS>

Knight AT, Cowling R M, Rouget M, Balmford A., Lombard AT, & Campbell, BM. 2008. Knowing but not doing: selecting priority conservation areas and the research–implementation gap. *Conservation Biology* 22(3): 610-617.

- Macedo MRA, Darnet LAD, Thalês MC & Pocard-Chapuis R. 2013. Configuração espacial do desflorestamento em fronteira agrícola na Amazônia: um estudo de caso na região de São Félix do Xingu, estado do Pará. *Revista NERA*, 16(22):96-111.
- Margules CR., Nicholls AO & Pressey RL. 1988. Selecting networks of reserves to maximise biological diversity. *Biological conservation* 43(1): 63-76.
- Marsan, J, Paré G, Beaudry A. 2012. Adoption of open source software in organizations: A socio-cognitive perspective. *The Journal of Strategic Information Systems* 21 (4): 257-273.
- Matsumoto M, Kulmer M & Baumgarten L. 2012. LegalGeo: um aplicativo para identificação das áreas potenciais para recuperação e implementação de reservas legais no cerrado. In: *Conservação da biodiversidade com SIG* (Eds. A Paese, A Uezu, ML Lorini & A Cunha), pp. 55-68. São Paulo: Oficina do Texto.
- Meijerink AMJ, Valenzuela CR, Stewart A. 1988. ILWIS: the integrated land and watershed management information system: scientific status report on the Project GEO information system for land use zoning and watershed management. ITC publication. 1988, 115p.
- McGarigal K. Cushman SA. Ene E. 2012 FRAGSTATS v4: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical and Continuous Maps. Computer software program produced by the authors at the University of Massachusetts, Amherst.
- Metzger JP. 2010. O Código Florestal tem base científica? *Natureza & Conservação* 8(1):1-5.
- Miranda CS, Paranhos Filho, AC & Miotto C. 2004. Simulação da locação de reservas legais em áreas agrícolas. *Revista Tecnologia e Sociedade* (1):112-143.
- MMA. 2014. Instrução Normativa n.2/MMA, de 6 de maio de 2014.

Molin PG & Stape JL. 2007. Diferença na alocação de uma reserva legal de critérios ambientais versus uma de critérios técnico-econômicos com o uso de ferramentas de SIG. *Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 13 (SBSR): 1749-1756.

Poiani KA, Richter BD, Anderson MG & Richter HE. 2000. Biodiversity conservation at multiple scales: functional sites, landscapes, and networks. *BioScience* 50(2), 133-146.

QGIS Development Team, 2014, Q GIS Geographic Information System, version 2.4. Open Source Geospatial Foundation Project. <http://qgis.osgeo.org>.

R Development Core Team. 2011. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Saaty RW. 1987. The analytic hierarchy process—what it is and how it is used. *Mathematical Modelling* 9(3): 161-176.

Saaty TL. 2008. Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences* 1(1): 83-98.

Silva LAGC. 2007. *Biomass presentes no Estado de Tocantins*. Brasília: Consultoria Legislativa.

Silva RFT. 2013. *Manual de direito ambiental*. Juspodivm, São Paulo/SP, 890pp.

Soares-Filho BS, Rodrigues HO, Costa WLS. 2009. *Modelagem de Dinâmica Ambiental com Dinâmica EGO*. Centro de Sensoriamento Remoto. Universidade Federal de Minas Gerais. 116p.

Steiniger S, Bocher E. 2009. An overview on current free and open source desktop GIS developments. *International Journal of Geographical Information Science* 23 (10): 1345-1370.

Swetnam RD & Reyers B. 2011. Meeting the challenge of conserving Africa's biodiversity: The role of GIS, now and in the future. *Landscape and Urban Planning* 100: 411-414.

Szostok R. 2013. Plugin: Group Stats. <https://plugins.qgis.org/plugins/GroupStats/>

Tambosi LR, Martensen AC, Ribeiro MC & Metzger JP. 2014. A Framework to Optimize Biodiversity Restoration Efforts Based on Habitat Amount and Landscape Connectivity. *Restoration Ecology* 22(2):169-177.

Taylor PD, Fahrig L, Henein K & Merriam G. 1993. Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*: 571-573.

Tveite H. 2015. Plugin: Multi-distance buffer. <https://plugins.qgis.org/plugins/MultiDistanceBuffer/>

Uchoa HN, Ferreira PR. 2014. Geoprocessamento com software livre. Publicação eletrônica. Rio de Janeiro/RJ, 2004. Disponível em: www.geolivres.org.br, acessado em 24.set.2014.

USGS Earth Resources Observation and Science (EROS) Center. 2011. Modis Reprojection Tools user's manual. 69p.

Valente ROA & Vettorazzi CA. 2008. Definition of priority areas for forest conservation through the ordered weighted averaging method. *Forest Ecology and Management* 256(6):1408-1417.

Von Krogh, G, Spaeth S. 2007. The open source software phenomenon: Characteristics that promote research. *The Journal of Strategic Information Systems*, 16 (3): 236-253.

Walz U & Syrbe R. 2013. Linking landscape structure and biodiversity 31:1-5.

Apêndice 1

Atribuição de pesos para cada critério considerando aspectos ecológicos e socioeconômicos.

AHP1 – Pesos iguais, considerando que todos os critérios possuem a mesma importância.

	Declividade	Capacidade de Uso da Terra	Estrada	Hidrografia	Remanescente
Declividade	1	1	1	1	1
Aptidão	1	1	1	1	1
Estrada	1	1	1	1	1
Hidrografia	1	1	1	1	1
Remanescente	1	1	1	1	1

AHP 2 - Peso maior para aspectos ecológicos, considerando que a proximidade à vegetação nativa e aos recursos hídricos.

	Declividade	Capacidade de Uso da Terra	Estrada	Hidrografia	Remanescente
Declividade	1	1	1	0,111	0,111
Aptidão	1	1	1	0,111	0,111
Estrada	1	1	1	0,111	0,111
Hidrografia	9	9	9	1	0,111
Remanescente	9	9	9	1	1

AHP3 - Preferência Peso maior para aspectos ecológicos, considerando que a proximidade à vegetação nativa, aos recursos hídricos e a distância das estradas.

	Declividade	Capacidade de Uso da Terra	Estrada	Hidrografia	Remanescente
Declividade	1	1	0,111	0,111	0,111
Aptidão	1	1	0,111	0,111	0,111
Estrada	9	9	1	0,111	0,111
Hidrografia	9	9	1	1	0,111
Remanescente	9	9	1	1	1

AHP4 – Determinou-se a atribuição de pesos pareados entre proximidade aos recursos hídricos, proximidade a vegetação nativa, distância de estrada, declividade e capacidade de uso da terra, sendo, respectivamente, maior peso e menor peso.

	Declividade	Capacidade de Uso da Terra	Estrada	Hidrografia	Remanescente
Declividade		3	0,333	0,2	0,25
Aptidão	0,333		0,25	0,167	0,2
Estrada	3	4		0,25	0,333
Hidrografia	5	6	4		2
Remanescente	4	5	3	0,5	

AHP5 – Peso maior para aspectos produtivos como capacidade de uso da terra e declividade.

	Declividade	Capacidade de Uso da Terra	Estrada	Hidrografia	Remanescente
Declividade		0,5	1	0,5	3
Aptidão	2		2	1	3
Estrada	1	0,5		0,5	3
Hidrografia	2	1	2		3
Remanescente	0,333	0,333	0,333	0,333	

ROTEIRO PARA EXECUÇÃO DE MÉTODO SEMIAUTO- MÁTICO DE SELEÇÃO DE ÁREAS DE RESERVA LEGAL UTILIZANDO SOFTWARE LIVRE¹

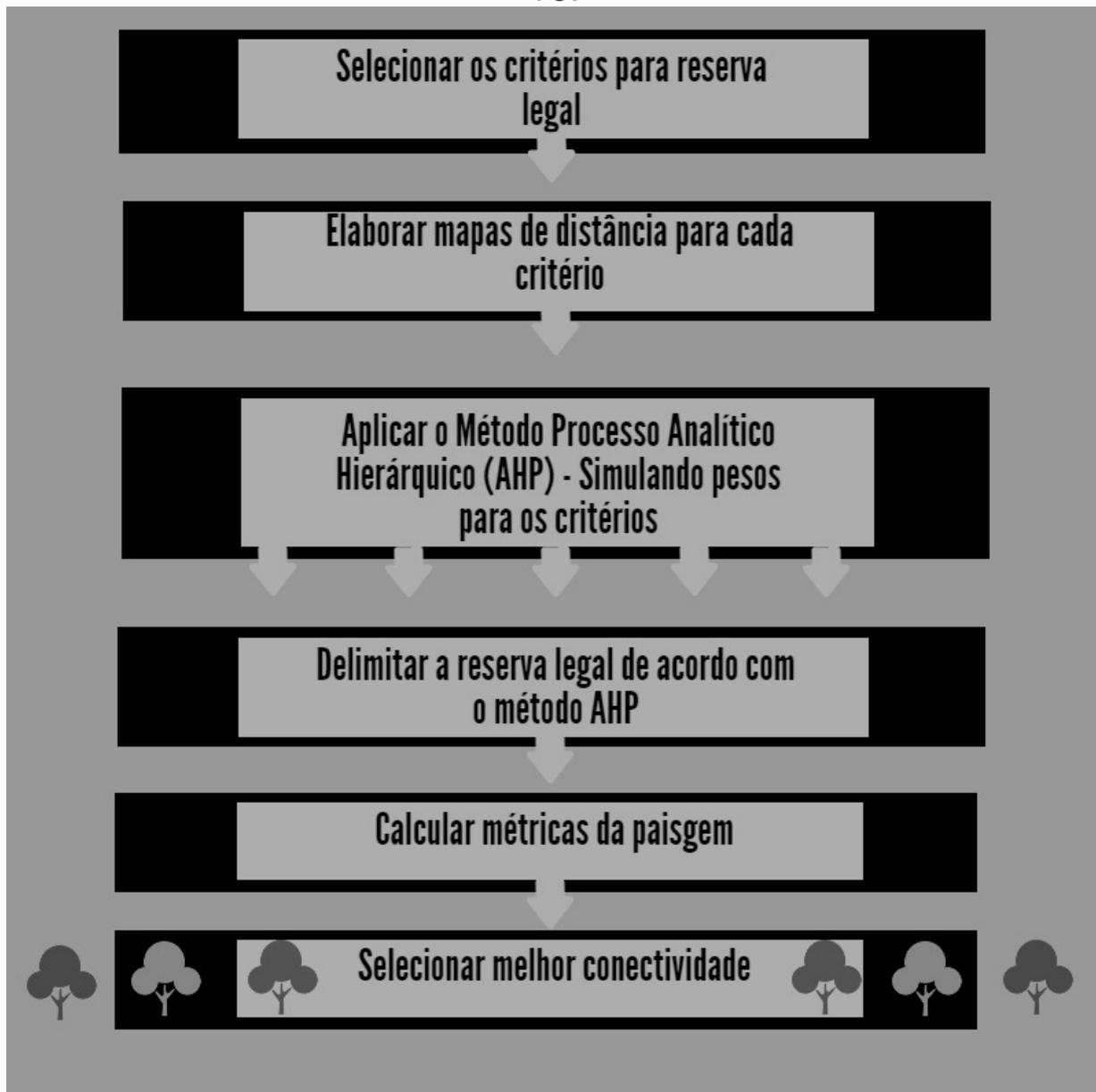
¹Parte integrante da dissertação “Seleção de áreas para reserva legal baseada em multicritérios: aplicação em projetos de assentamento”

Introdução

O presente tutorial do roteiro técnico para seleção de áreas de reserva legal seguirá as etapas do fluxograma abaixo utilizando o software livre QGIS, disponível em:

www.qgis.org

Como modelo, aplicaremos o roteiro na Fazenda Mirador, município de Rio dos Bois/TO.



1. Definindo critérios e elaborando mapa de distância

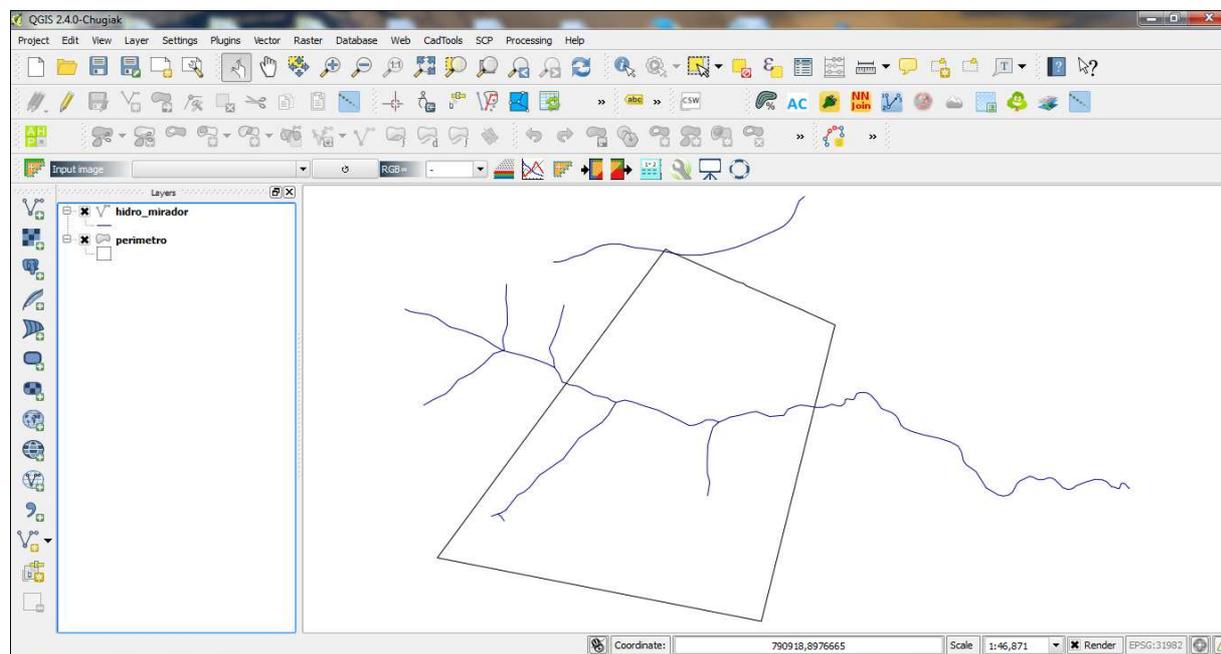
Os critérios utilizados no estudo foram: proximidade dos recursos hídricos; proximidade da vegetação nativa; declividade; capacidade de uso da terra e distância de estradas. Com o mapeamento das características desses critérios, um mapa de distância em formato raster deve ser elaborado para aplicar a seleção multi-critérios.

Assim, para isso, utilizaremos o plugin multi-distance e converteremos o mapa vetorial em raster.

Iniciaremos com a hidrografia, atribuiremos valores de distancia a cada 100 metros.

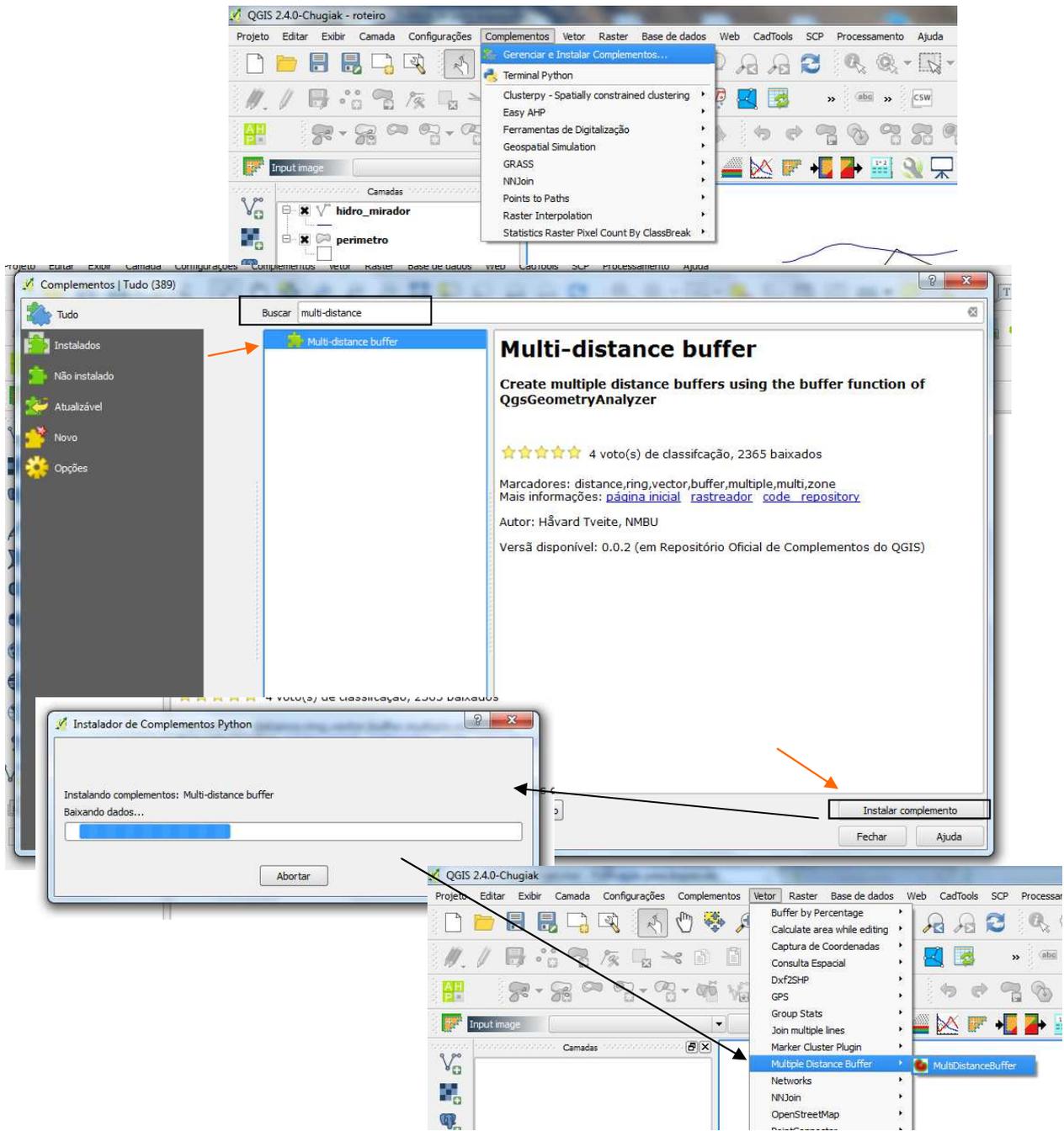
Mais próximo dos recursos hídricos, valores maiores.

Abaixo, a hidrografia da Fazenda Mirador.

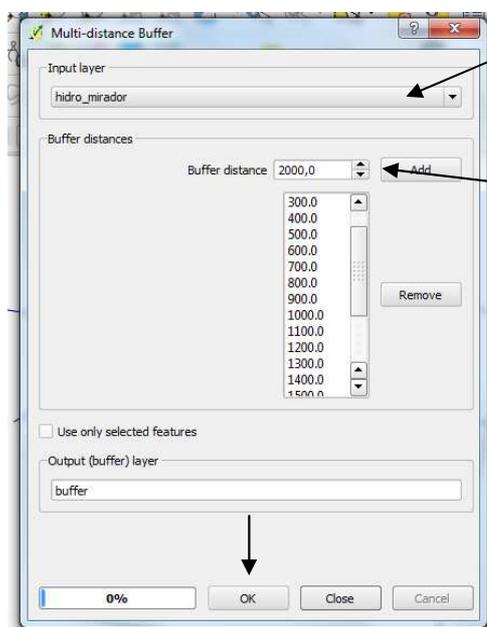


Instalação de plugins

É necessária a instalação do plugin *multi-distante*, assim como os outros a serem utilizados, vá ao menu **Complementos > Gerenciar e Instalar Complementos**

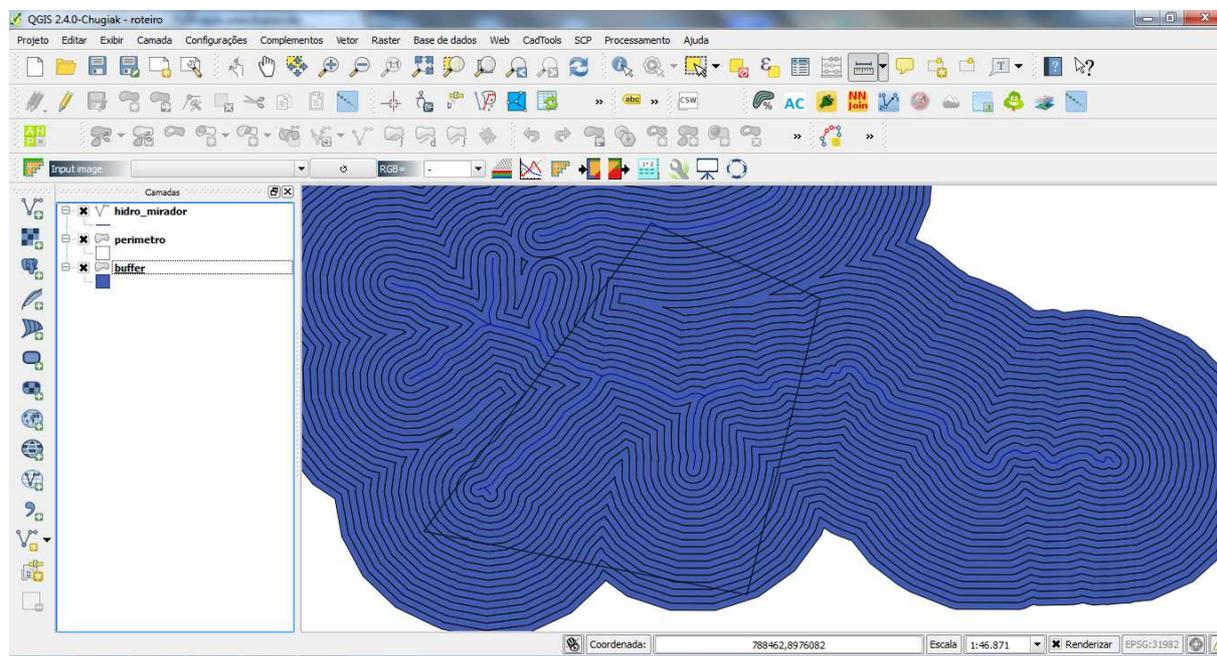


Utilizando o plugin *multi-distante*:

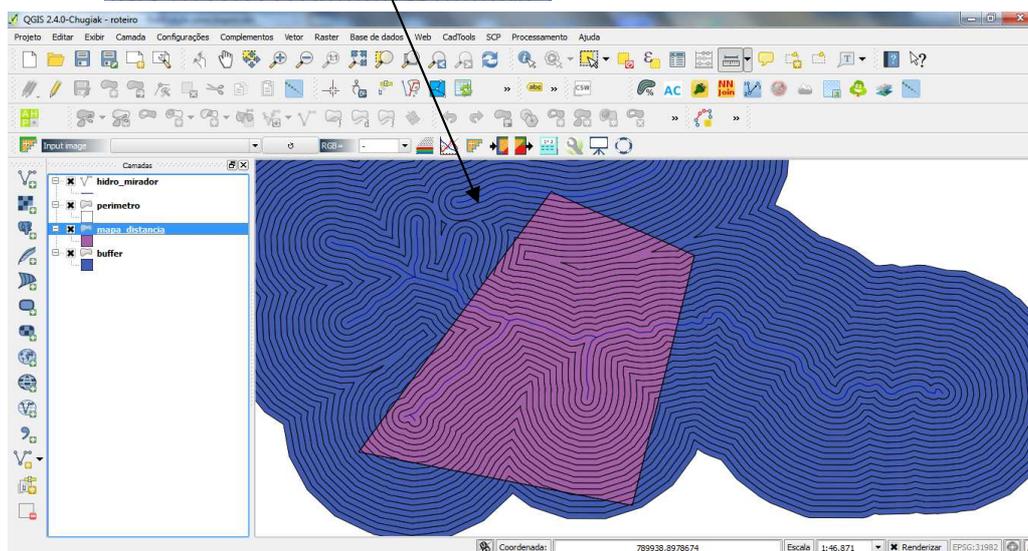
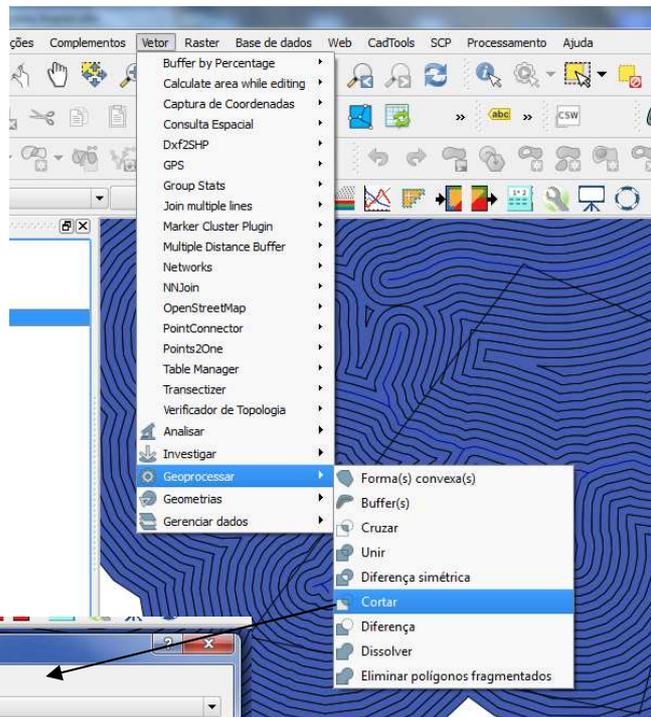


Selecione a camada do critério

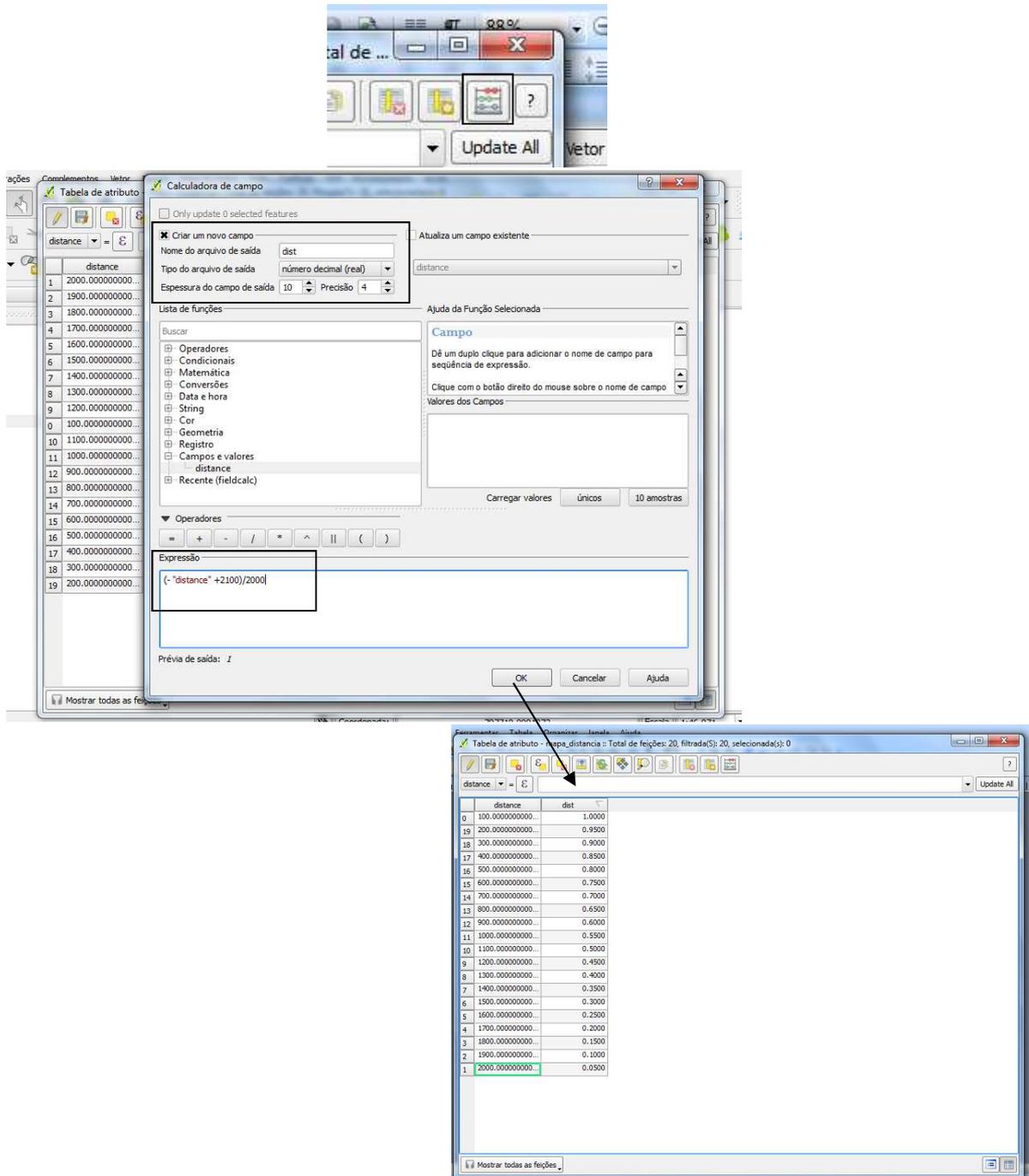
Adicione a distância, no caso, de 100 em 100, assim: 100; 200; 300...



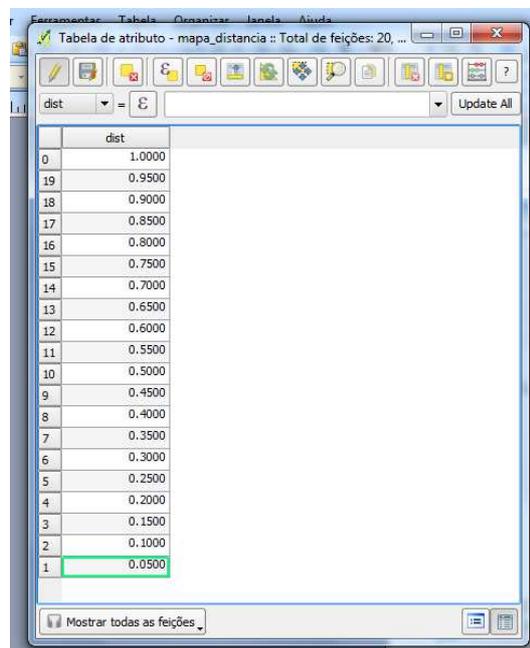
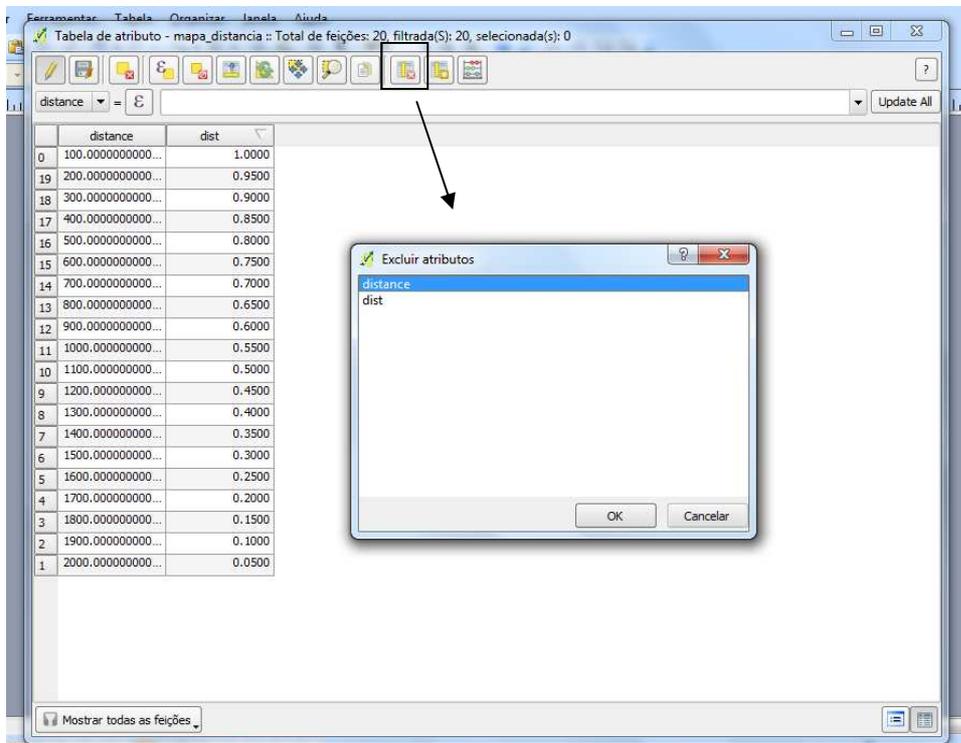
Próximo passo, cortar o mapa de distância com o perímetro.



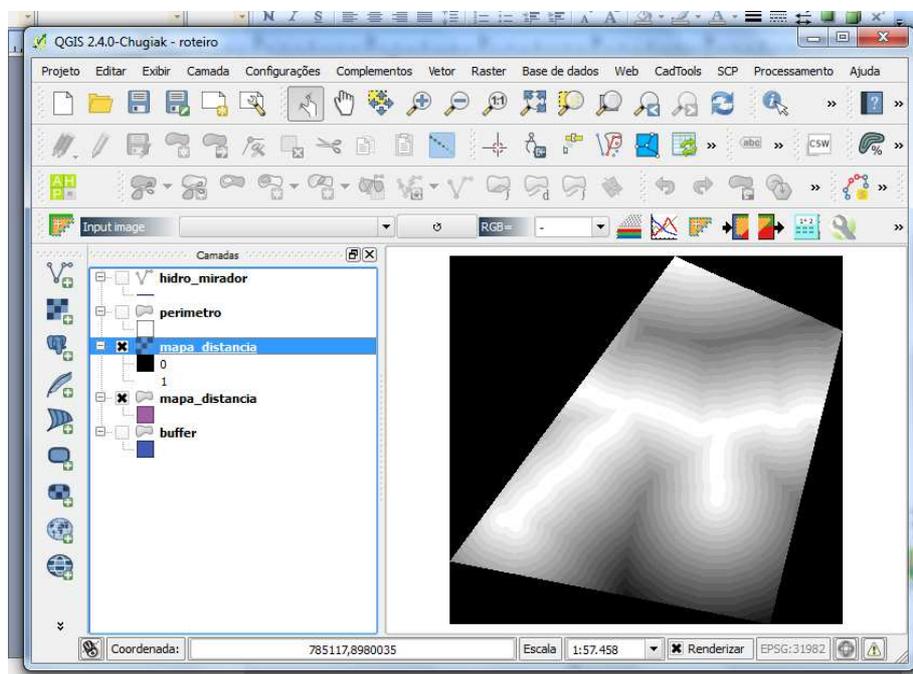
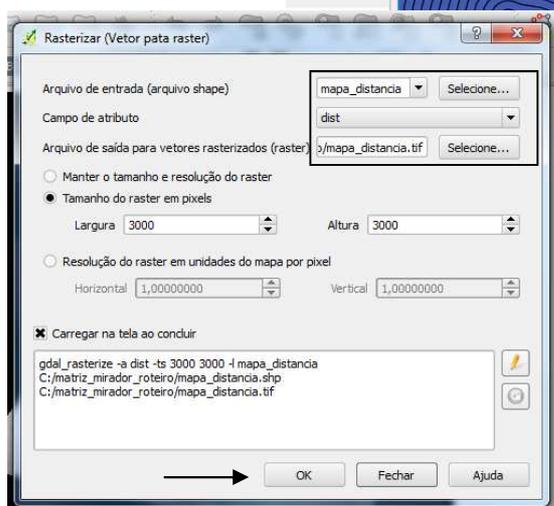
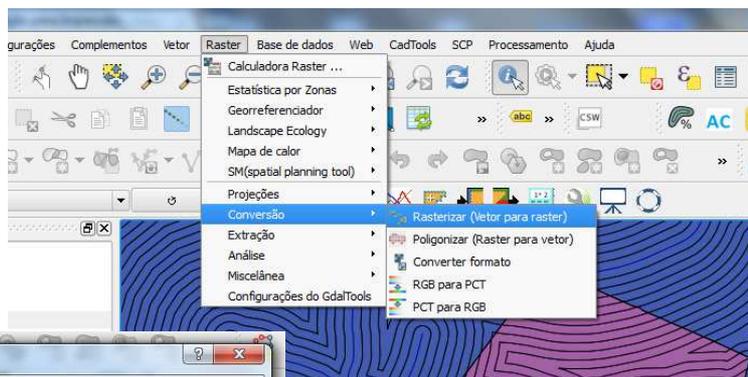
Na tabela de atributos a distância se refere a distância em metros da hidrografia, atribuiremos valores de pesos, sendo 1 para mais próximo da hidrografis e 0 para mais distante. No menu **Camada < Abrir tabela de atributos**. Na tabela de atributos, clicar no ícone Calculadora de campo



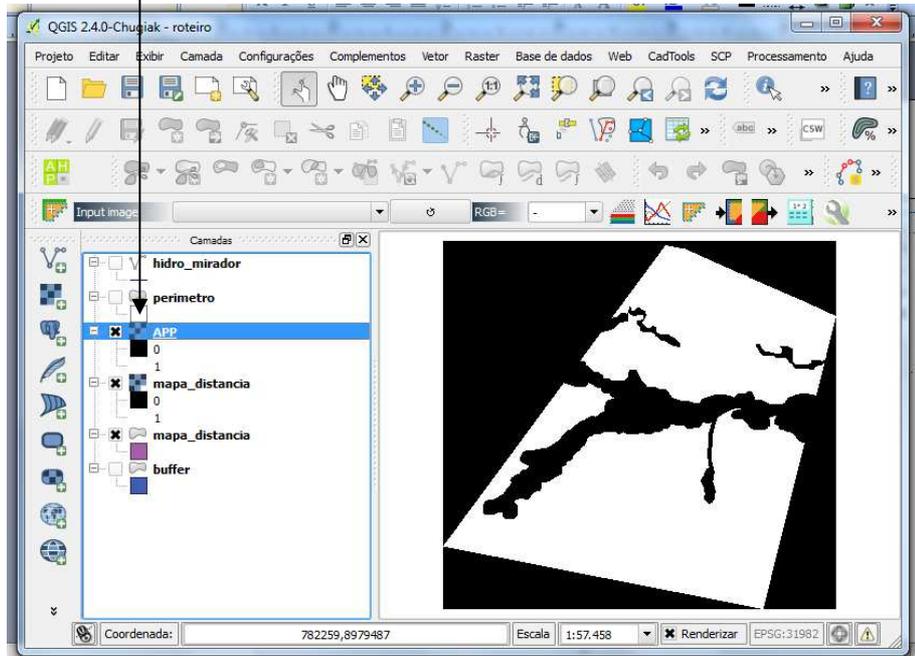
Para excluir a coluna referente a distância em metros.



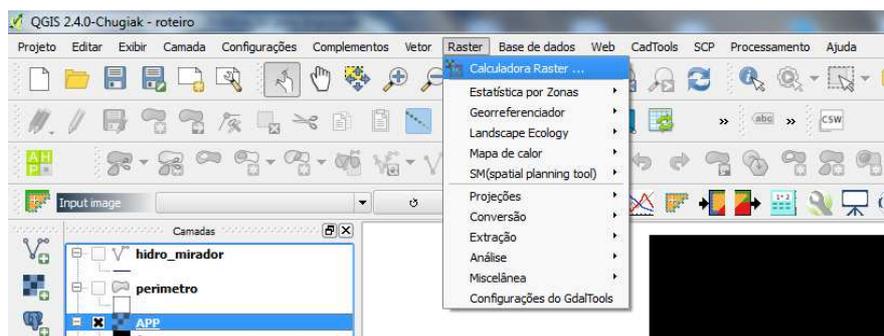
Para converter o mapa de distância vetorizado para raster, menu **Raster < Conversão < Rasterizar (vetor para raster)**.
 Para executar o inverso: **Raster < Conversão < Poligonizar (Raster para Vetor)**
(Raster para Vetor)

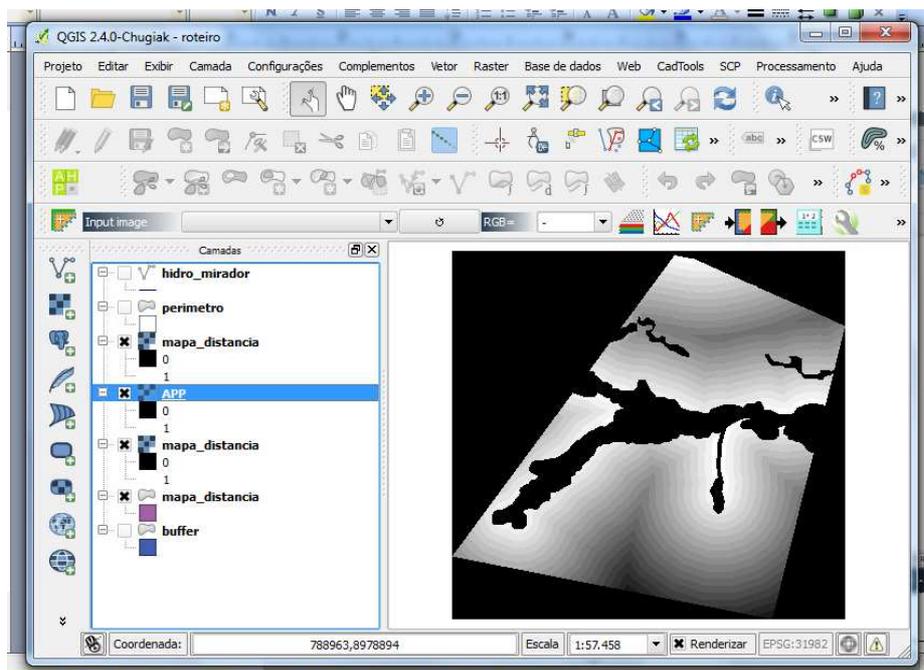
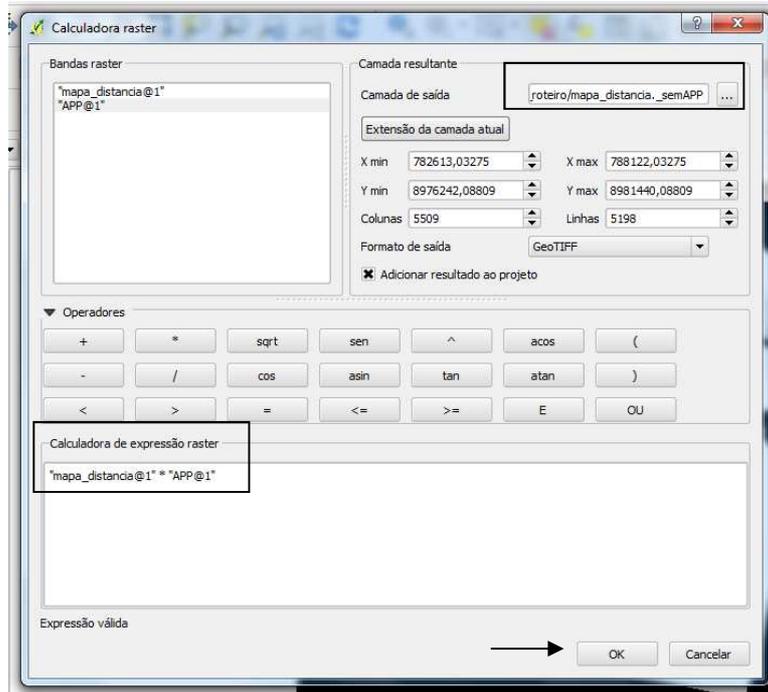


Antes de aplicar o método AHP, pode-se excluir as áreas de preservação permanente, já que em determinados casos não entra na contabilização da reserva legal. Para isso, deve-se vetorizar essas áreas conforme código florestal, e atribuir valor de 0 para as áreas de preservação permanente e 1 para demais áreas. Em seguida, rasterizar.



Em seguida, utilizar a calculadora raster para excluir essas áreas do mapa de distância, menu **Raster < Calculadora Raster**.

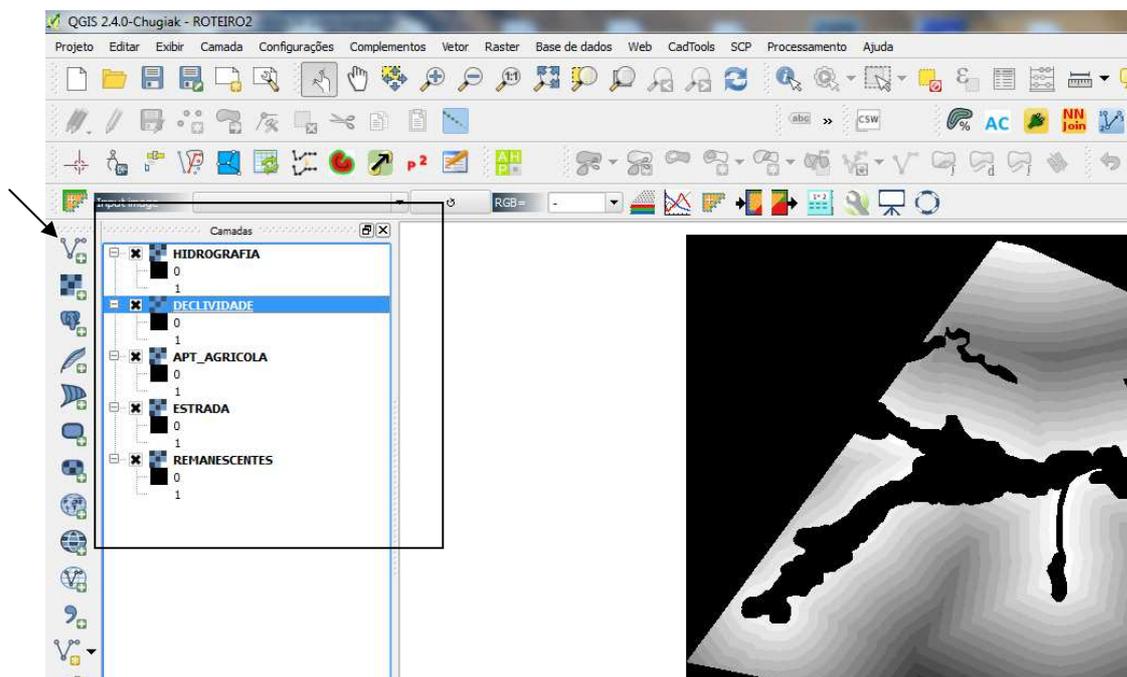




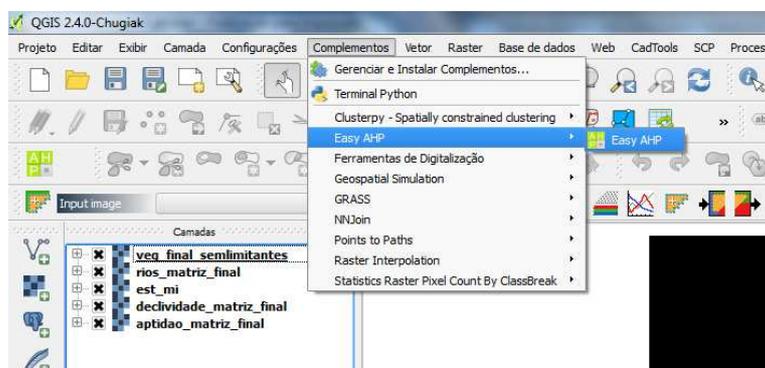
Realizar esses procedimentos para cada critério a ser utilizado.

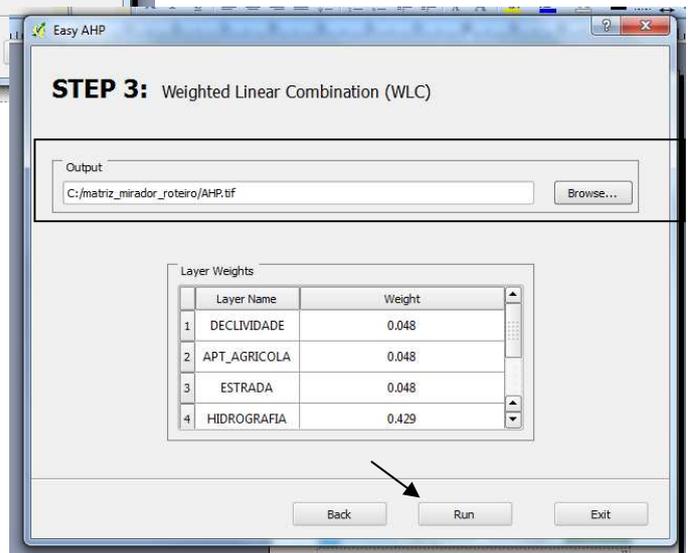
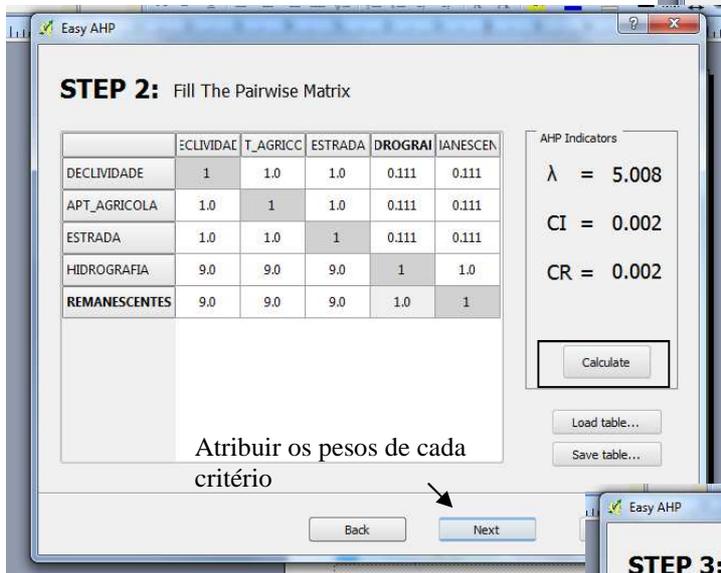
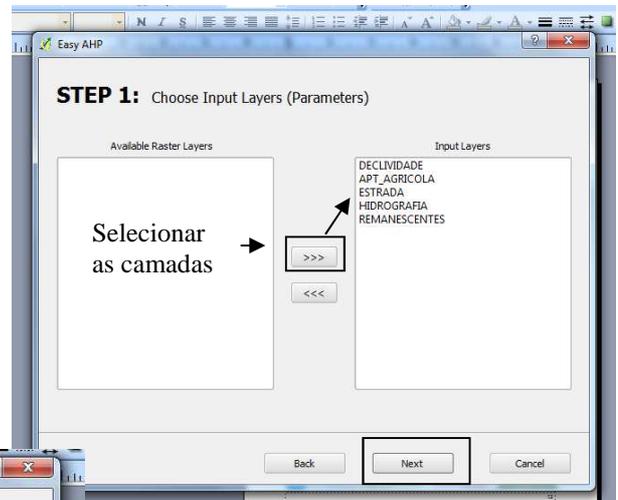
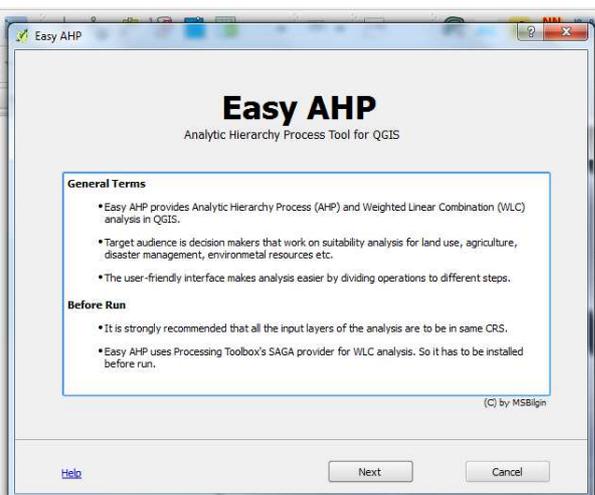
2. Aplicando método de Processo Analítico Hierárquico (AHP - Analytic Hierarchy Process)

Após elaborar o raster de cada critério atribuindo valores contínuos entre 1 (áreas favoráveis a reserva legal) e 0 (para menos favoráveis).

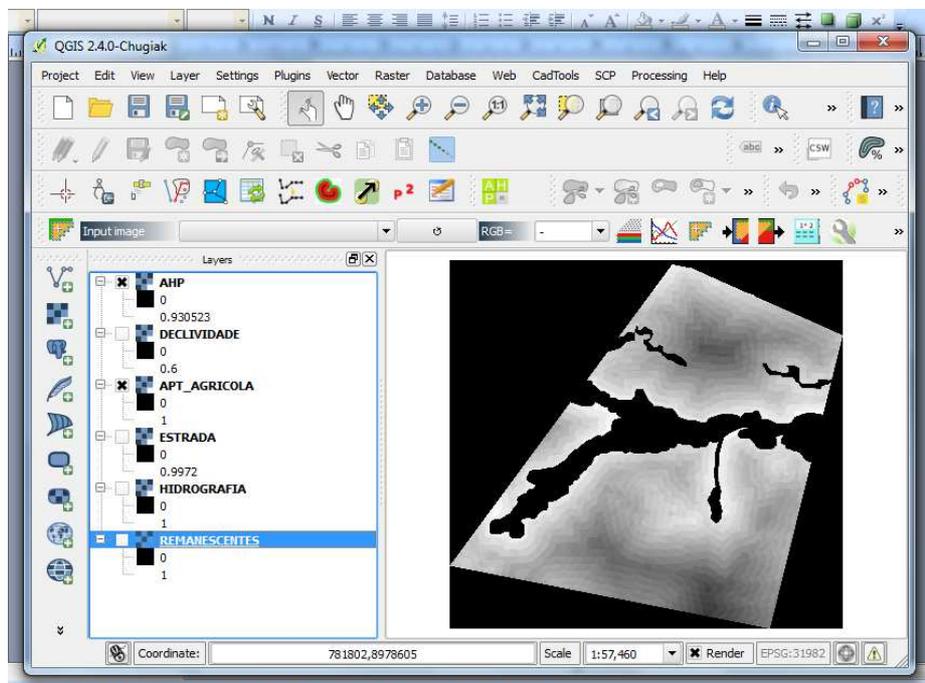


Selecionar o plugin Easu AHP no menu **Complemento < Easy AHP < Easy AHP**

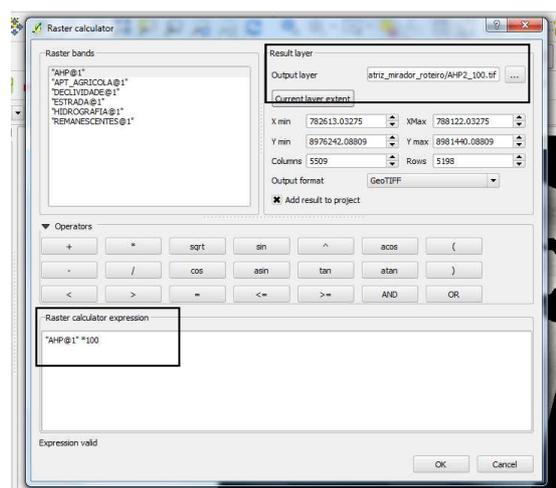




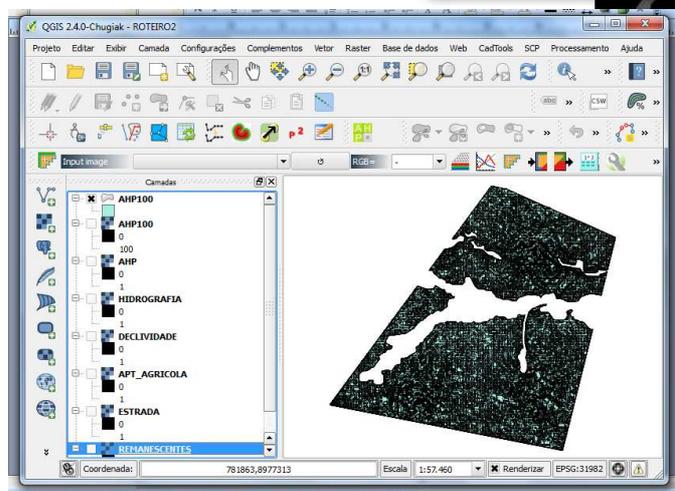
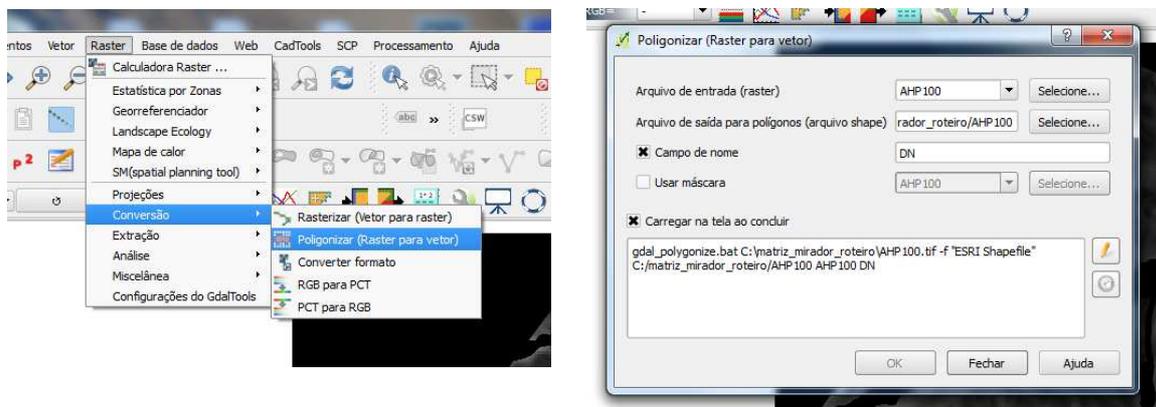
O resultado é um raster com valores entre 0 e 1



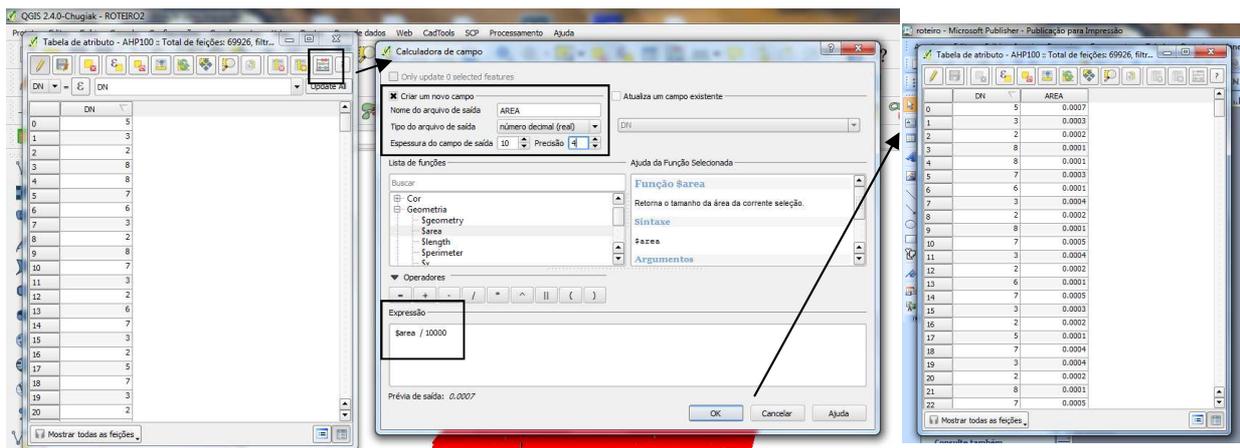
Transformaremos os valores para 0 a 100, no menu **Raster < Calculadora raster**



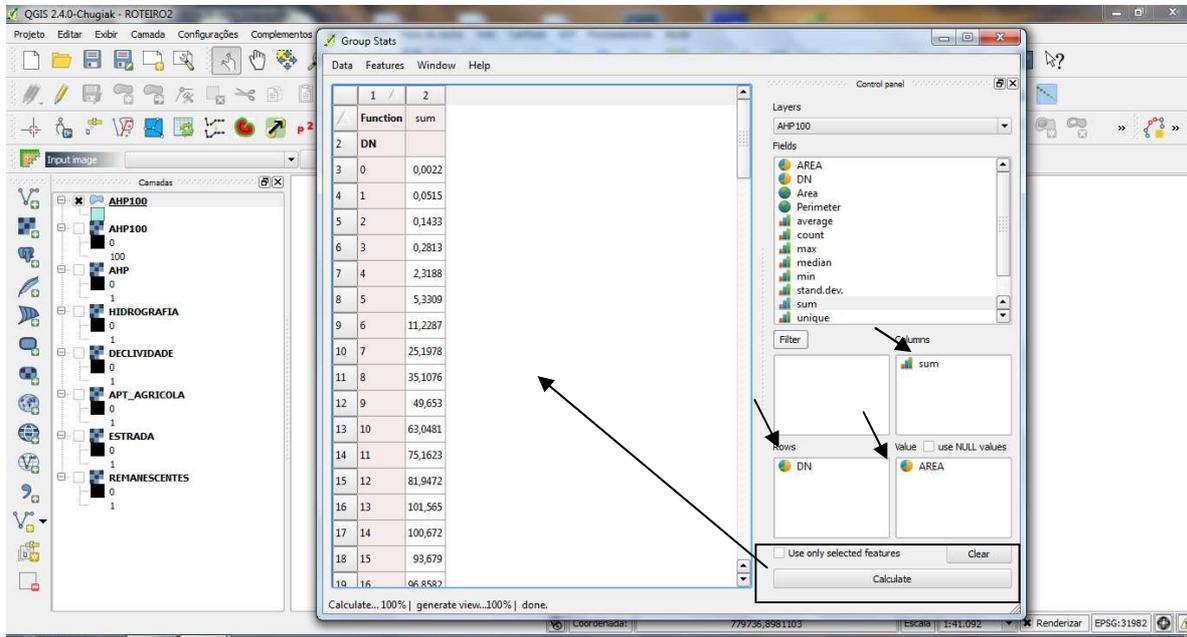
Converter raster para vetor para calculo de área



Agora, calcular as áreas de cada peso atribuído. Abra a tabela de atributos no menu **Camada < Abrir Tabela de Atributo**



Para a soma das áreas, utilizaremos o plugin *Group Stats*, no menu **Vetor < Group Stats < GroupStats**

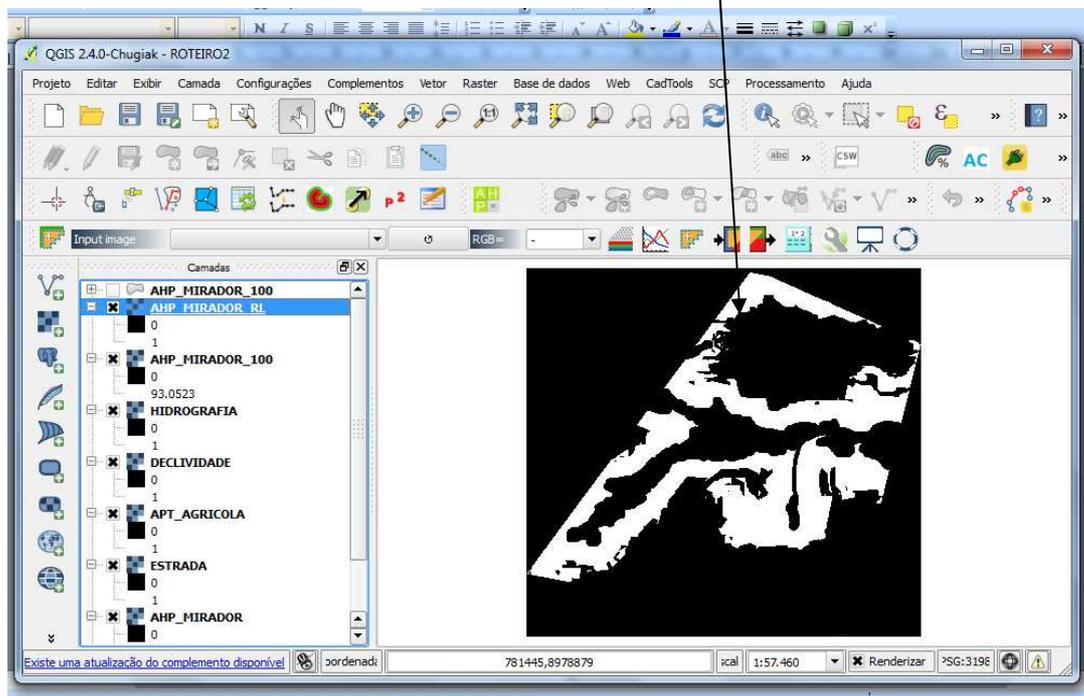
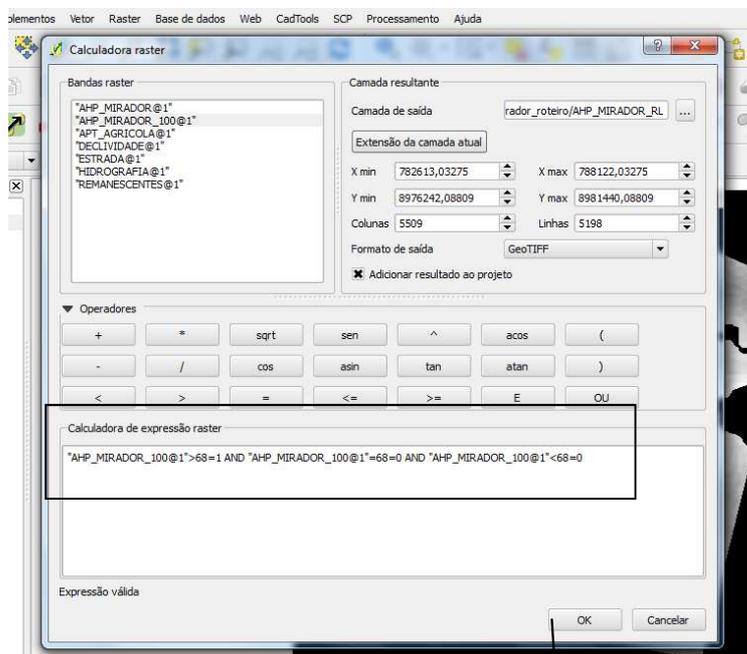


A tabela deve ser copiada para uma planilha eletrônica para o cálculo do quantitativo da reserva legal. A Fazenda Mirador com área de 1646,3822ha, deve delimitar 576,2338ha de reserva legal, correspondendo a 35% da área total (cerrado na Amazônia Legal).

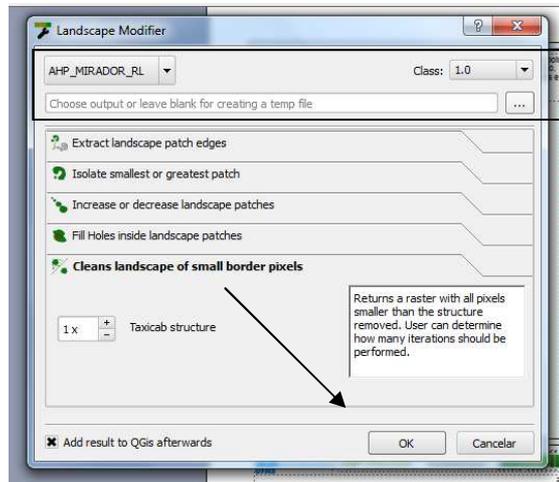
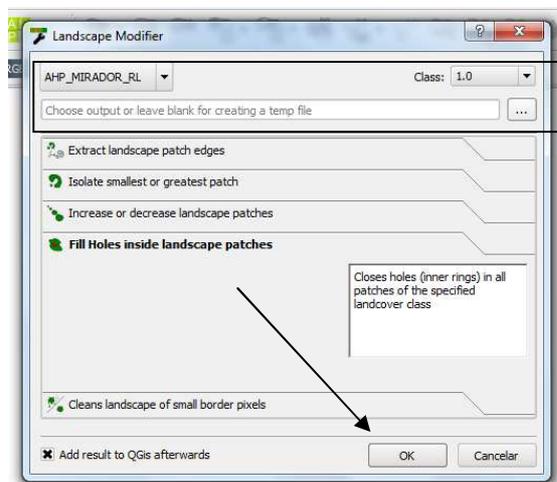
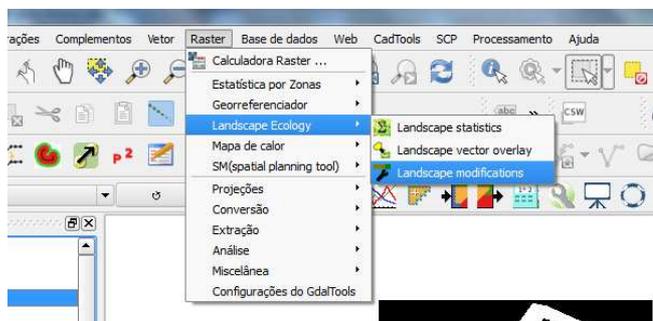
Lembrando que as áreas mais aptas para locação de reserva legal possuem maiores valores, soma-se as áreas de maiores valores até chegar no quantitativo necessário, no caso, variou de 100 até 68.



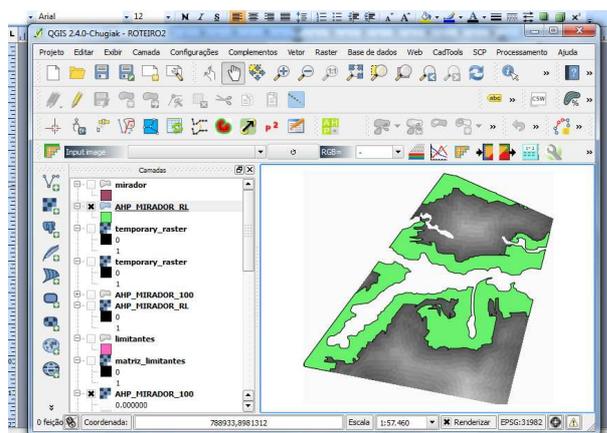
Agora, selecionamos as áreas relativas aos valores de 68 a 100, menu **Raster < Calculadora raster**



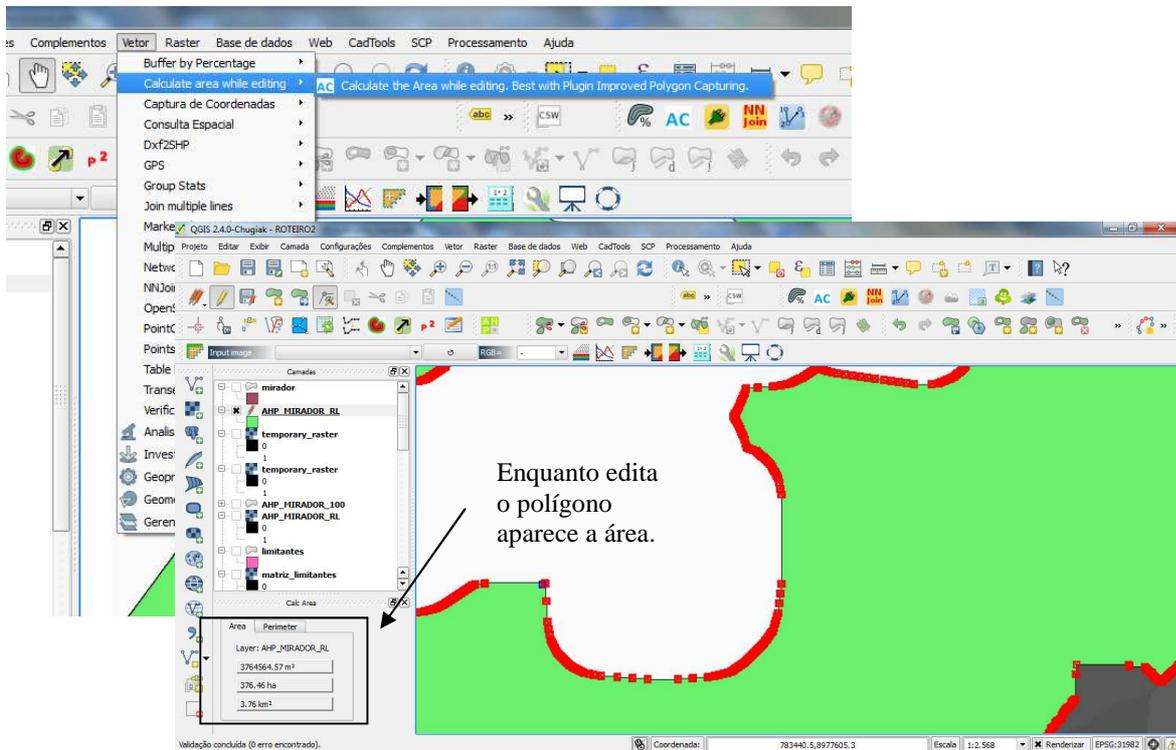
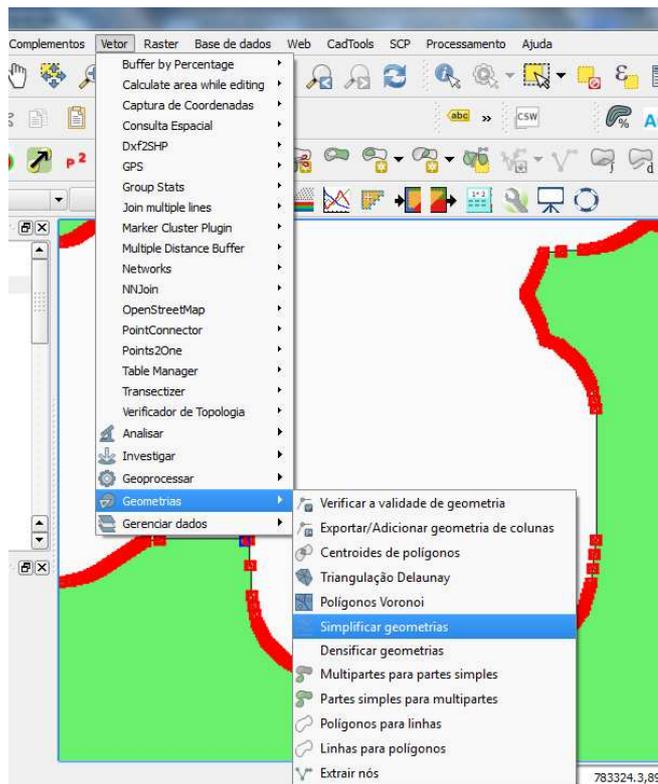
É possível perceber que as áreas selecionadas não são adequadas a reserva legal pois apresenta anéis e bordas que se tornam de difícil demarcação em campo. Para isso, podemos usar o plugin *LecoS* que manipula a paisagem preenchendo os anéis e excluindo fragmentos com menores bordas.



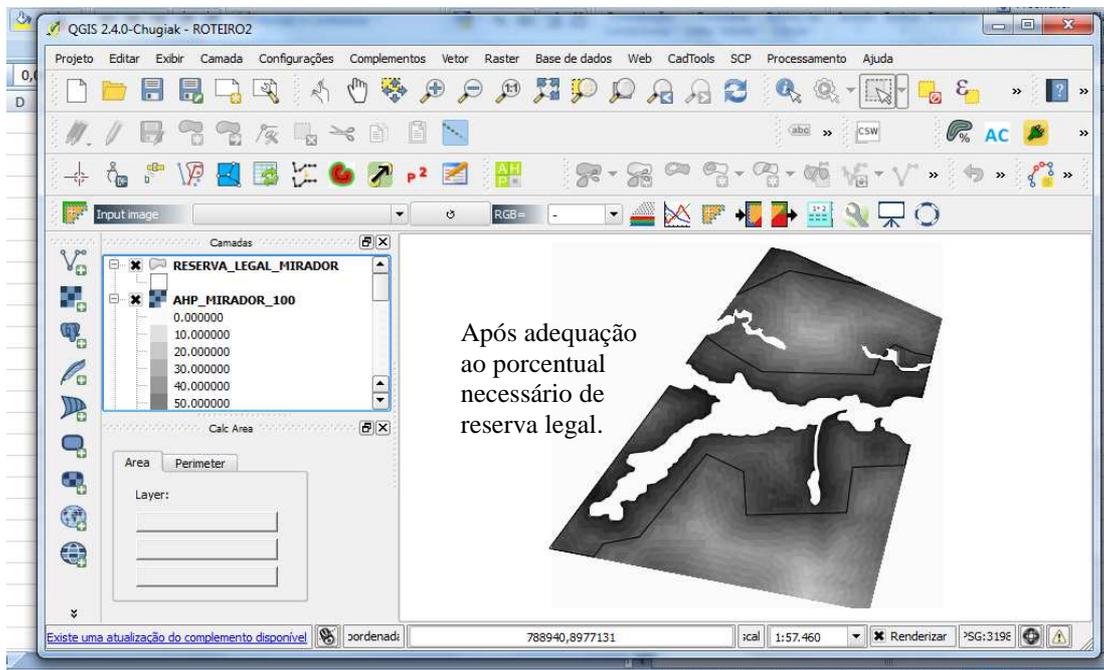
Próximo passo, transformar em vetor e adequar a porcentagem correta de reserva legal.



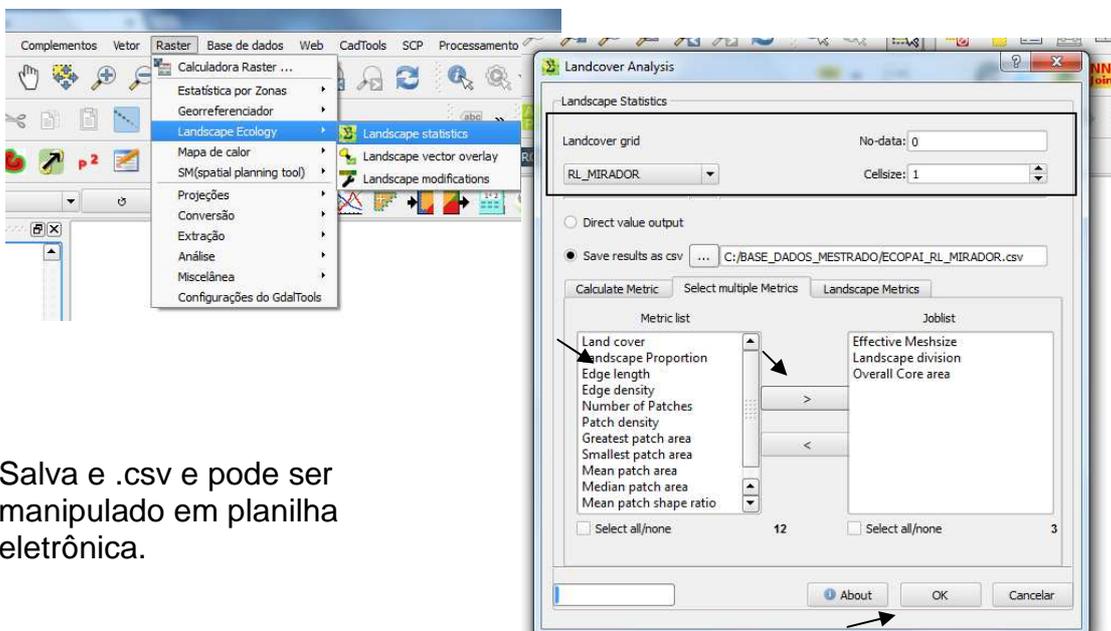
Ainda podemos minimizar as bordas com o plugin *fTools* para a redução de vértices e adequar ao percentual necessário com o plugin *CalcArea*,



Assim, finalizamos a seleção de área para reserva legal:



Adicionando as áreas de preservação permanente e transformando a vetorização da reserva legal em raster, podemos calcular as métricas da paisagem com o plugin Le-coS.



Salva e .csv e pode ser manipulado em planilha eletrônica.