



Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Mestrado em Geociências Aplicadas

O Modelo LUCIS e o Planejamento Territorial da Bacia do Alto Rio Descoberto

Dissertação de Mestrado
N° 59

Juliana Faria Nunes

Brasília, DF
2014

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Mestrado em Geociências Aplicadas

O Modelo LUCIS e o Planejamento Territorial da Bacia do Alto Rio Descoberto

Juliana Faria Nunes

Orientador: Prof. Dr. Henrique Llacer Roig

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geociências no Programa de Pós graduação em Geociências aplicadas, área de concentração Geoprocessamento e Análise Ambiental.

Brasília, DF

2014

Universidade de Brasília
Instituto de Geociências
Mestrado em Geociências Aplicadas

O Modelo LUCIS e o Planejamento Territorial da Bacia do Alto Rio Descoberto

Juliana Faria Nunes

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Henrique Llacer Roig (IG/UnB)

Presidente

Prof.^a Dr.^a Maria do Carmo de Lima Bezerra (FAU/UnB)

Membro Interno

Prof.^a Dr.^a Danielle Pereira da Costa (ENS/UEA)

Membro externo

Brasília, 28 de março de 2014.

“Aquele que não prevê as coisas longínquas
expõe-se a desgraças próximas.”

Confúcio

Agradecimentos

A elaboração dessa dissertação marca com grande felicidade minha trajetória acadêmica, gostaria de agradecer a todos que fizeram parte dessa jornada.

Aos meus familiares e amigos pelo amor incondicional e amizade que me deram forças durante a concretização desse trabalho.

Ao meu namorado pela compreensão, companheirismo e incentivo nos momentos de desespero.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Henrique Llacer Roig, pela confiança em mim depositada e pelas frases de incentivo quando achava que tudo estava perdido.

Aos meus colegas de trabalho pelo convívio diário e pelos momentos de descontração.

Ao corpo docente e discente do Instituto de Geociências pela troca de conhecimentos oferecida.

À equipe técnica do Instituto de Geociências pelo apoio administrativo efetuado durante a realização do programa de pós-graduação.

À ESRI, pela disponibilização do pacote de ferramentas que compõem a família Arcgis 10, por meio do contrato n° MLK 8733, e à IMAGEM pelo suporte tecnológico e pela viabilização do termo de uso entre a ESRI e o Instituto de Geociências.

Resumo

A Bacia do Alto Rio Descoberto corresponde à área de drenagem a montante do lago do Descoberto, localizado entre o Distrito Federal e o estado de Goiás. Tal lago, resultado da construção de uma barragem no rio do Descoberto, abastece mais de 60% da população do Distrito Federal, o que torna necessário um eficaz planejamento do uso e ocupação do solo dessa Bacia a fim de prevenir e mitigar possíveis impactos nos recursos naturais. Nesse sentido, foi aplicado na área de estudo o modelo *Land Use Conflict Identification Strategy (LUCIS)*, que possibilita uma análise de conflitos do uso e ocupação do solo entre as grandes categorias de uso: conservação, urbano e agricultura. A análise destacou uma considerável porcentagem da Bacia em conflito, cerca de 40%, de acordo com as adequabilidades levantadas. Tais áreas estão mais suscetíveis a disputas entre as três categorias de uso, que sem o planejamento e ordenamento adequado tendem ao padrão de transformações do meio comumente observado, com conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e urbanas, e de áreas agrícolas em áreas urbanas. O modelo também possibilitou a visualização de diferentes cenários por meio da destinação dessas áreas conflituosas em uma das três categorias de uso, a partir de uma tendência de uso e ocupação pré-estabelecida. Os resultados obtidos indicam a possibilidade do modelo em apoiar a formulação e implementação de políticas públicas específicas em busca de um cenário ideal de uso e ocupação do solo para a região. Dessa forma, o modelo LUCIS da região do Alto Rio Descoberto se mostrou como um importante subsídio no planejamento territorial devido aos estudos e às análises das tendências de ocupação obtidas a partir das adequabilidades definidas em relação a cada uso, como também pela promoção da integração dos diversos atores envolvidos.

Palavras-chaves: Planejamento territorial, modelo LUCIS, Bacia do Alto Rio Descoberto, uso e ocupação do solo.

Abstract

The Descoberto river high course basin is located between de Distrito Federal and the Goiás state in Brazil, corresponding to the up stream region of the Descoberto dam that originated the Descoberto Lake. This lake supplies water for more then 60% of the total population in the Distrito Federal, therefore the land use planning is needed in order to preserve and mitigate possible damaging impacts of the land use. Thinking of that, the **Land Use Conflict Identification Strategy** model (LUCIS) was applied to the study area, allowing the conflict analysis among the grand land use categories: conservation, urban and agriculture. The final result of the conflict analysis revealed that more than 40% of the river basin was in some kind of level of conflict among the land uses, indicating that those areas are equally suitable for more than one land use. This implicates that without an adequate territorial planning these areas might be disputed, leading towards the commonly observed conversion of natural areas to agriculture or urban areas and from agriculture areas to urban areas. Considering the conflict analysis it was also possible to simulate different land use scenarios by the definition of one specific use for the conflicting areas, based in a land use tendency. The results obtained indicate that the model used could support the implementation of land-use public policies. Therefore, the LUCIS model can provide important subsidies for the territorial planning of the Descoberto river high course basin.

Keywords: Territorial planning, LUCIS model, land use, Descoberto River High Course Basin.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVOS	12
1.2. JUSTIFICATIVA	12
1.3. ÁREA DE ESTUDO	13
2. ESTADO DA ARTE	16
2.1. PLANEJAMENTO TERRITORIAL	16
2.1.1. <i>Conceito do planejamento e ordenamento territorial.....</i>	<i>16</i>
2.1.2. <i>Sustentabilidade e o planejamento territorial.....</i>	<i>17</i>
2.1.3. <i>Bases legais do planejamento e ordenamento territorial.....</i>	<i>19</i>
2.1.4. <i>O planejamento territorial no âmbito da Bacia do Alto Rio Descoberto.....</i>	<i>21</i>
2.1.5. <i>Histórico do Uso e ocupação do solo no Distrito Federal</i>	<i>28</i>
2.1.6. <i>Histórico do Uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Rio Descoberto.....</i>	<i>30</i>
2.2. PLANEJAMENTO E GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS	35
2.2.1. <i>Importância, planejamento e gestão dos recursos hídricos.....</i>	<i>35</i>
2.2.2. <i>Situação dos recursos hídricos no Distrito Federal e na Bacia do Alto Rio Descoberto....</i>	<i>39</i>
2.3. SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS	42
2.3.1. <i>Os Sistemas de Informações Geográficas e sua utilização.....</i>	<i>42</i>
2.3.2. <i>O modelo LUCIS e o planejamento territorial.....</i>	<i>44</i>
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	48
3.1. DEFINIÇÃO DAS METAS E OBJETIVOS.....	48
3.1.1. <i>Conservação.....</i>	<i>48</i>
3.1.2. <i>Agricultura.....</i>	<i>50</i>
3.1.3. <i>Urbano</i>	<i>52</i>
3.2. LEVANTAMENTO DOS DADOS.....	55
3.3. ANÁLISE DAS ADEQUABILIDADES.....	57
3.3.1. <i>Conservação.....</i>	<i>58</i>
3.3.2. <i>Agricultura.....</i>	<i>65</i>
3.3.3. <i>Urbano</i>	<i>74</i>
3.4. ANÁLISE DAS PREFERÊNCIAS.....	79
3.5. ANÁLISE DE CONFLITOS.....	82
4. RESULTADOS.....	84
4.1. RESULTADOS DAS ANÁLISES DAS ADEQUABILIDADES E PREFERÊNCIAS	84
4.1.1. <i>Conservação.....</i>	<i>84</i>
4.1.2. <i>Agricultura.....</i>	<i>89</i>

4.1.3. Urbano	95
4.2. RESULTADOS DA ANÁLISE DE CONFLITOS.....	102
5. DISCUSSÃO	109
6. CONCLUSÃO	114
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	116
ANEXOS.....	122
ANEXO A. QUADRO GUIA DE AVALIAÇÃO DE APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS	123

Lista de tabelas

TABELA 1. DEFINIÇÃO DE METAS E OBJETIVOS PARA CONSERVAÇÃO.....	49
TABELA 2. DEFINIÇÃO DE METAS E OBJETIVOS PARA AGRICULTURA.	51
TABELA 3. DEFINIÇÃO DE METAS E OBJETIVOS PARA URBANO.....	53
TABELA 4. LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS PARA CONSERVAÇÃO.....	56
TABELA 5. LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS PARA AGRICULTURA.....	56
TABELA 6. LEVANTAMENTO E CLASSIFICAÇÃO DOS DADOS PARA URBANO.....	57
TABELA 7. CLASSES DE APTIDÃO AGRÍCOLA E DE ADEQUABILIDADE PARA OS TIPO DE AGRICULTURA PROPOSTOS.	67
TABELA 8. ADEQUABILIDADE DA DECLIVIDADE PARA OS OBJETIVOS 1.1.1, 2.1.2 E 3.1.2.	75
TABELA 9. TABELA DOS VALORES OBTIDOS, EM KM ² , NA ANÁLISE DE CONFLITOS DA BACIA.....	102
TABELA 10. TABELA DOS VALORES OBTIDOS, EM KM ² , NA ANÁLISE DE CONFLITOS DAS UCS DA BACIA.....	105

Lista de Figuras

FIGURA 1. LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO.	13
FIGURA 2. SUB-BACIAS DA BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO.	15
FIGURA 3. CRONOLOGIA NO ÂMBITO DO PLANEJAMENTO TERRITORIAL DA BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO.....	21
FIGURA 4. UNIDADES DE CONSERVAÇÃO NA BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO.....	23
FIGURA 5. MAPA ADAPTADO DO ZONEAMENTO DO PDOT NA BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO.....	25
FIGURA 6. FOTOS DE CAMPO.	32
FIGURA 7. HISTÓRICO DO USO E OCUPAÇÃO DA BACIA DO ALTO RIO DESCOBERTO NO DF.	33
FIGURA 8. MAPA HIDROGRÁFICO DO DISTRITO FEDERAL	40
FIGURA 9. PONTOS DE CAPTAÇÃO SUPERFICIAL DA CAESB, ESTAÇÕES DE ESGOTO E ÁREAS URBANAS.....	41
FIGURA 10. FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DO MODELO LUCIS.	47
FIGURA 11. FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DAS ÁREAS ADEQUADAS À CONSERVAÇÃO.	60
FIGURA 12. CORREDORES ECOLÓGICOS.....	62
FIGURA 13. AHP DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DE CADA SUA DE CONSERVAÇÃO ELABORADO.	64
FIGURA 14. FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DAS ÁREAS ADEQUADAS À AGRICULTURA.	66
FIGURA 15. AHP DE DEFINIÇÃO DE ADEQUABILIDADE DOS SOLOS PARA AGRICULTURA FAMILIAR E PATRONAL.	68
FIGURA 16. AHP DE DEFINIÇÃO DE ADEQUABILIDADE DOS LOTEAMENTOS PARA AGRICULTURA FAMILIAR E PATRONAL.....	72
FIGURA 17. AHP DE DEFINIÇÃO DA CADA SUA DE AGRICULTURA ELABORADO.	73
FIGURA 18. FLUXOGRAMA METODOLÓGICO DAS ÁREAS ADEQUADAS PARA O DESENVOLVIMENTO URBANO.	76
FIGURA 19. EXEMPLOS DE ÁREAS DE USO COMERCIAL, IMAGENS DO GOOGLE®.	77
FIGURA 20. AHP DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DE CADA SUA DE URBANO ELABORADO	80
FIGURA 21. AHP DE DEFINIÇÃO DOS PESOS DE CADA MUA DAS METAS DOS TIPOS DE USO	81
FIGURA 22. SUAS DE CONSERVAÇÃO ELABORADOS.....	86
FIGURA 23. MUAS DE CONSERVAÇÃO ELABORADOS.	88
FIGURA 24. PLANO DE INFORMAÇÃO FINAL DE CONSERVAÇÃO.....	89
FIGURA 25. SUAS DE AGRICULTURA ELABORADOS.....	92
FIGURA 26. MUAS DE AGRICULTURA ELABORADOS.	94
FIGURA 27. PLANO DE INFORMAÇÃO FINAL DE AGRICULTURA.	95
FIGURA 28. SUAS DE URBANO ELABORADOS.....	98
FIGURA 29. MUAS DE URBANO ELABORADOS.	100
FIGURA 30. PLANO DE INFORMAÇÃO FINAL DE URBANO.	101
FIGURA 31. ANÁLISE DE CONFLITOS DA BACIA.....	103
FIGURA 32. ANÁLISE DE CONFLITOS DAS UNIDADES DE CONSERVAÇÃO.	106
FIGURA 33. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS.	108

1. Introdução

A Bacia do Alto Rio Descoberto, localizada na divisa entre o Distrito Federal e o estado de Goiás, é responsável por mais de 60% do abastecimento de água destinado ao consumo humano no Distrito Federal. Tal suprimento foi viabilizado pela construção de uma barragem no rio Descoberto que deu origem ao reservatório do lago do Descoberto com capacidade de 102,3 hm³, atendendo atualmente as demandas das cidades de Taguatinga, Ceilândia, Samambaia, Riacho Fundo, Recanto das Emas, Santa Maria, Gama, Núcleo Bandeirante, Candangolândia, Guará, Cruzeiro e parte de Brasília (Brasil, 2009a).

Apesar da importância dos recursos naturais da região da Bacia do Alto Rio Descoberto, tal território vem sofrendo uma intensa ocupação do solo por meio da conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e urbanas, sendo esta intensificada após a construção da barragem. A expansão agrícola tem apresentado maior expressividade na ocupação do território da Bacia; entretanto, as expansões urbanas não passam despercebidas, sendo constituídas pelo crescimento acelerado de Brazlândia e das cidades de Taguatinga e Ceilândia, urbanização de Padre Bernardo por meio de parcelamentos da região, emancipação de Águas Lindas do município de Santo Antônio do Descoberto, resultante do eixo econômico Brasília-Goiânia, e pela urbanização do INCRA 08 no Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão (PICAG) às margens do reservatório (IBRASE & COFECON, 2012; Nunes, 2011; UNESCO, 2002).

Tais ocupações, sem o devido planejamento, constituem ameaças aos recursos naturais, com possíveis impactos para a qualidade dos recursos hídricos, sendo os problemas mais observados em bacias hidrográficas o assoreamento, a erosão, a perda da qualidade da água e a perda da biodiversidade. O assoreamento de rios e lagos e a erosão dos solos estão ligados aos processos de lixiviação, que é intensificado em solos com pouca ou nenhuma cobertura vegetal, e ao desmatamento das matas de galeria e ciliares; a perda da qualidade da água está vinculada tanto à expansão urbana quanto agrícola, podendo ter contaminação desses recursos por matéria orgânica decorrente de esgotos e de insumos agrícolas e por produtos químicos; a perda da biodiversidade está principalmente associada com a fragmentação de habitats por meio da conversão de áreas naturais em áreas agrícolas e urbanas (Schiavetti & Camargo, 2002).

A mitigação ou impedimento desses danos estão contemplados no princípio de prevenção e de precaução do direito ambiental. O primeiro remete à contenção ou prevenção de danos conhecidos por meio de ações embasadas na ciência e na tecnologia; enquanto o segundo se refere ao impedimento de danos não conhecidos por meio da não instalação do efeito causador (Martins, 2008). Levando em consideração esses princípios, o uso múltiplo das águas e a bacia hidrográfica como unidade territorial, a Lei das águas prevê a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, tendo como objetivo a prevenção e a defesa contra eventos hidrológicos acentuados e a disponibilidade de água

para as futuras e atuais gerações com padrões de qualidade satisfatórios de acordo com sua destinação (Brasil, 1997).

Nesse sentido, é necessário para o alcance dos objetivos propostos pela Lei das águas uma gestão integrada dos recursos hídricos. Tal gestão prevê uma articulação de informações pertinentes não somente à vazão dos cursos d'água e à qualidade da água, mas como também referentes à bacia hidrográfica como um todo, abordando os aspectos físicos, socioeconômicos e culturais da região. Tendo em vista que a gestão dos recursos hídricos está intimamente relacionada com a gestão do uso do solo, conforme explicitado pela referida Lei em suas diretrizes, é necessário um planejamento territorial da bacia hidrográfica em questão de forma a assegurar seus importantes recursos naturais.

O planejamento territorial é constituído de um conjunto de políticas, planos, instrumentos e diretrizes visando o ordenamento territorial adequado do solo (Brasil, 2006b). A fim de se embasar tal planejamento se faz necessário a realização de estudos no âmbito do uso e ocupação do solo, dentre esses estudos estão a caracterização quantitativa ou qualitativa da ocupação do território (De souza et al., 2009; Nunes, 2011), as análises entre o uso e ocupação do solo e a manutenção e qualidade dos recursos hídricos (Macedo, 2004; Teza, 2008), as análises de perdas dos solos (Valentin, 2008), entre outros.

Nesse sentido, a realização de estudos para a identificação de áreas mais propícias à ocupação de determinado uso são relevantes no âmbito do planejamento territorial, pois possibilita a adoção de estratégias para conter uma possível ocupação indevida, assim como para prevenir ou mitigar danos ambientais a partir dos usos estabelecidos. Portanto, foi adotado nesse trabalho a utilização de um modelo baseado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), orientado a metas, denominado LUCIS (*Land-Use Conflict Identification Strategy*), que foi originalmente desenvolvido na Universidade da Flórida, nos Estados Unidos (Carr & Zwick, 2007).

1.1. Objetivos

Esse trabalho apresenta como objetivo geral determinar a adequabilidade do modelo LUCIS para subsidiar as tomadas de decisões no planejamento territorial da Bacia do Alto Rio Descoberto, e como objetivos específicos mensurar as adequabilidades do território da Bacia, verificar os possíveis conflitos de uso e ocupação no território da Bacia e simular a partir da análise de conflitos possíveis cenários de uso e ocupação do solo para a Bacia do Alto Rio Descoberto.

1.2. Justificativa

O presente trabalho se justifica pela necessidade de um ordenamento territorial adequado no âmbito do planejamento territorial, principalmente em bacias hidrográficas com relevante interesse para a manutenção e conservação dos recursos naturais, como a Bacia do Alto Rio Descoberto, devido à destinação dos recursos hídricos para o abastecimento público de água para consumo humano.

1.3. Área de estudo

A Bacia do Alto Rio Descoberto, pertence à segunda unidade hidrográfica de maior extensão da bacia do Paraná, a bacia do rio Paranaíba, e compreende a parte do alto curso do rio Descoberto, a montante do reservatório do lago do Descoberto (Brasil, 2006a). Tal Bacia localizada entre o Distrito Federal e o estado do Goiás abrange os municípios de Águas Lindas de Goiás e Padre Bernardo, localizada no quadrante de S15°35'00" a 15°48'00" latitude sul e de W48°03'00" a 48°15'00" longitude oeste (Figura 1).

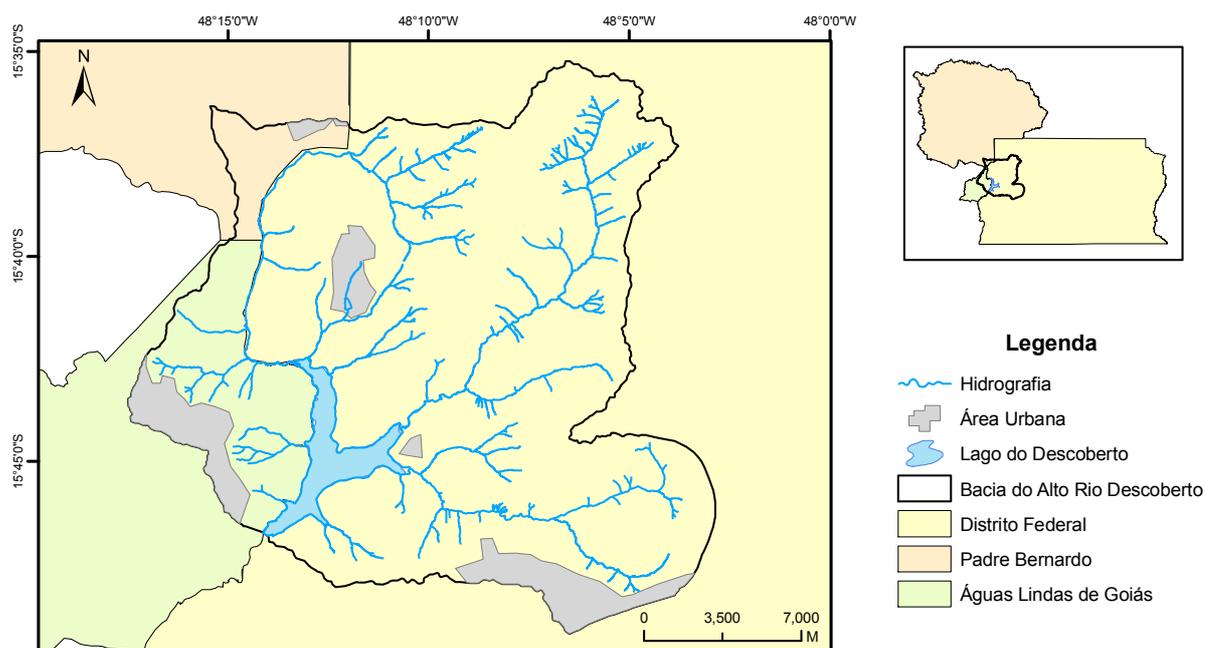


Figura 1. Localização da Bacia do Alto Rio Descoberto. Autor: Juliana Faria Nunes/Fonte: município - IBGE, demais dados: autor.

Em relação à caracterização dos solos, o levantamento de reconhecimento de solos revelou 99 unidades de mapeamento na Bacia do Alto Rio Descoberto. Tais unidade de mapeamento correspondem às classes latossolo vermelho-amarelo, latossolo vermelho, cambissolo, gleissolo háplico, gleissolo melânico, plintossolo, neossolo flúvico, nitossolo háplico, neossolo quartzarênico, área urbana e espelho d'água. Dentre tais unidades, os latossolos vermelho-amarelo e vermelho são os que apresentam maior representatividade na Bacia, seguidos do cambissolo, do gleissolo háplico e melânico, do plintossolo, do neossolo flúvico, do nitossolo háplico, do neossolo quartzarênico, da área urbana e do espelho d'água, respectivamente (Reatto et al., 2003).

Os latossolos são solos profundos, altamente intemperizados, com presença de minerais secundários, estando associados às classes plana a suave ondulado de relevo. Os nitossolos são bastante heterogêneos apresentando como característica comum a grande presença de teores de argila, na paisagem são normalmente encontrados nas encostas côncavas que apresentam, normalmente, relevo suave ondulado. Os cambissolos apresentam horizontes rasos com minerais primários, na paisagem estão associados a relevos mais acidentados, contemplando as classes suave ondulado, ondulado e forte ondulado. Os gleissolos são solos hidromórficos que estão sujeitos à inundação,

sendo normalmente encontrados nas depressões da paisagem. Os plintossolos são solos hidromórficos minerais com escoamento lento da água, apresentando séria restrição à percolação e, portanto, encontrados em situação temporária de alagamento; estão associados aos relevos planos e suave ondulado. Os neossolos flúvicos são solos formados pela sedimentação, em depósitos aluviais recentes; enquanto os neossolos litólicos estão associados aos afloramentos rochosos (Reatto et al., 2003).

O clima da Bacia do Alto Rio Descoberto, assim como do Distrito Federal, é classificado como tropical de altitude, de acordo com a classificação Köppen, e apresenta duas estações bem definidas. Tais estações são divididas em uma estação de seca, entre os meses de maio a setembro, com pico nos meses de junho, julho e agosto, e uma estação chuvosa, compreendida entre os meses de outubro a abril, sendo os meses de dezembro a março os de maior concentração pluviométrica. Em relação às precipitações, a média anual varia entre 1200mm e 1750mm com maior concentração na estação chuvosa, enquanto a estação seca é bem rigorosa com grandes períodos de estiagem.

A vegetação da Bacia está inserida no bioma cerrado que apresenta três grupos de formações botânicas, a saber, formações florestais, formações savânicas e formações campestres. As formações florestais apresentam predominância do estrato arbóreo com formação de dosséis; são subdivididas em fitofisionomias associadas aos cursos d'água, denominadas mata de galeria e mata ciliar, e em fitofisionomias não associadas aos cursos d'água, denominadas mata seca e cerradão. As formações savânicas englobam quatro subgrupos denominados cerrado sentido restrito, caracterizado por um estrato arbóreo espaçado e com disposição espacial aleatória sem formação de dosséis; parque de cerrado que apresentam um agrupamento espacial de árvores em determinadas partes do terreno; palmeiral que é caracterizado pela presença predominante de determinada palmeira arbórea; e por último, a vereda que apresenta características similares ao palmeiral mas com menor densidade de palmeiras em sua formação. As formações campestres apresentam um estrato herbáceo-arbustivo mais evidente, sendo subdividido em campo sujo que apresenta arbustos evidentes, em campo limpo com presença pouco significativa de arbustos e em campo rupestre encontrado em afloramentos rochosos (Ribeiro & Walter, 2007).

Dentre os tipos de vegetação acima descritos, as formações savânicas apresentam predominância sobre as demais fitofisionomias na Bacia do Alto Rio Descoberto, sendo levado em consideração para tal levantamento as correlações entre as fitofisionomias do cerrado e as unidades de solo mapeadas na Bacia. Dentre as formações savânicas encontram-se o cerrado típico, o cerrado rupestre e o cerrado ralo, constituintes do cerrado sentido restrito, e a vereda; no entanto, o cerrado típico e o cerrado ralo são as mais destacadas. Nas formações florestais encontram-se a mata de galeria e o cerradão; enquanto nas formações campestres encontram-se o campo sujo, com e sem murundus, e o campo limpo (Reatto et al., 2003).

A hidrografia da Bacia possui como rio principal o Rio Descoberto, formado pela junção dos córregos Capão da Onça e Barrocão, e demais tributários do Lago do Descoberto. Tais tributários são

compostos pelos córregos: Olária, que comporta águas do córrego Índio; Chapadinha, formado pela junção dos córregos Capãozinho, Pulador e Veredinha; Ribeirão das Pedras, formado pela junção dos córregos Veredinha e Currais; Ribeirão Rodeador, formado pela junção dos córregos Fumabé, Jatobazinho e Cabeceira Comprida; Rocinha; Capão comprido e Coqueiro (Valentin, 2008).

Tendo em vista a caracterização dos tributários do lago do Descoberto, a Bacia do Alto Rio Descoberto pode ser dividida em oito sub-bacias compostas pelos tributários principais: Capão Comprido, Chapadinha, Rio Descoberto, Olária, Ribeirão das Pedras, Rodeador, Coqueiro e Rocinha (Figura 2). As sub-bacias Capão comprido, Olária, Ribeirão das Pedras e Rodeador foram caracterizadas com ocupação predominante de chácaras produtivas, a sub-bacia Ribeirão das Pedras foi caracterizada com atividades de reflorestamento e sem ocupação definida, enquanto a sub-bacia Chapadinha obteve como destaque a ocupação urbana (Ferreira, Borges, & Anjos, 1992).

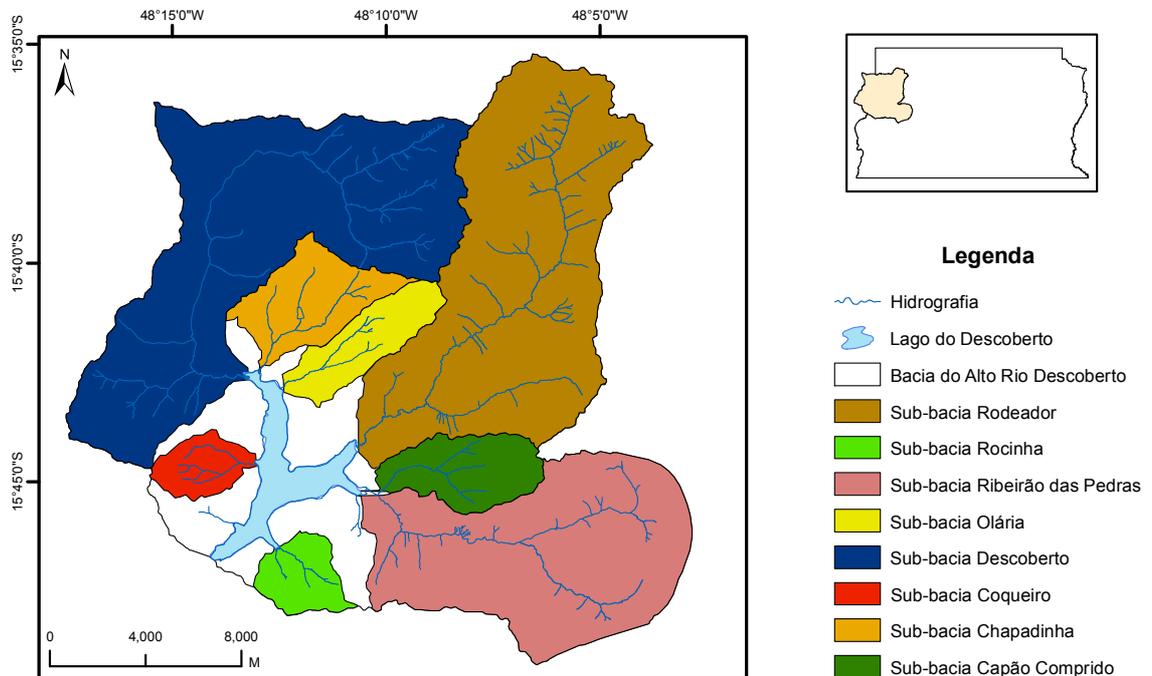


Figura 2. Sub-bacias da Bacia do Alto Rio Descoberto. Autor: Juliana Faria Nunes/Fonte: autor.

2. Estado da Arte

Esse capítulo se refere aos pensamentos e reflexões acerca dos temas conexos a essa dissertação, a saber, conceitos, bases legais e situação do planejamento territorial e do uso e ocupação do solo na área de estudo, planejamento e gestão dos recursos hídricos e aplicações de Sistemas de Informações Geográficas (SIG).

2.1. Planejamento territorial

Levantamento bibliográfico acerca dos conceitos e avanços apontados pela comunidade científica, análise das bases legais referentes ao assunto e dos conflitos na integração e execução dessas normas, bem como o histórico do uso e ocupação do solo são descritos a seguir.

2.1.1. Conceito do planejamento e ordenamento territorial

O território de uma sociedade é modelado pelos padrões de uso dos recursos e ocupação do solo delineados ao longo do tempo. A valoração do espaço a partir das práticas desenvolvidas reflete diretamente na formação espaço territorial. O Estado é um dos maiores agentes apropriadores do espaço, principalmente devido às políticas territoriais instituídas e às grandes obras desenvolvidas, sendo, portanto, um grande indutor da ocupação do território. Essa influência territorial estatal é mais pronunciada em países que tiveram formação colonial, como é o caso do Brasil (Moraes, 2005).

O planejamento territorial é compreendido como um conjunto de políticas, diretrizes e instrumentos com o intuito de alcançar um ordenamento territorial desejável. Dessa forma, o ordenamento territorial é objeto do planejamento territorial, que pode ser definido como uma organização física das atividades desenvolvidas no território a fim de se promover o desenvolvimento equilibrado por meio do ordenamento dos recursos naturais, dos usos e das atividades coexistentes no território (Brasil, 2006b; Santos, 2005).

O ordenamento territorial advém, portanto, da compatibilização entre as políticas públicas e as tendências e potencialidades observadas na dinâmica de uso e ocupação do solo, a fim de se evitar impactos negativos devido ao uso desordenado do território, como os de cunho social, ambiental e/ou econômico. Nesse sentido, necessita ser implementado sob o ponto de vista interdisciplinar a fim de se alcançar de forma harmônica o uso e ocupação adequado do solo (Brasil, 2006b; Costa, 2005).

Dessa forma, o planejamento territorial pode ocorrer em áreas já ocupadas, assim como em áreas a serem ocupadas. No primeiro cenário, foca-se mais na busca de alternativas para a adequação dos usos já existentes na região, dentre tais alternativas encontra-se como exemplo a associação da expansão da atividade urbana com a expansão das redes de transporte. No segundo cenário adota-se a compatibilização dos diversos usos a serem desenvolvidos na região com a manutenção dos recursos naturais disponíveis (Santos, 2005).

Nesse contexto, no Brasil, a União possui a atribuição de definir estratégias de ocupação do espaço a nível federal, conforme previsto na Constituição Federal de 1988, art. 21, inciso IX,

definindo tendências gerais a serem seguidas, assim como, de induzir as instruções normativas estaduais e municipais. Apesar do protagonismo do Estado no uso e ocupação do solo, demais atores influenciam nessa transformação do meio; portanto, o ordenamento territorial deve ser articulado entre os diferentes atores que o limita. Dessa forma, a construção e a execução de políticas e diretrizes para tal ordenamento se constitui um desafio dentro das organizações Estatais, Sociedade Civil e Entidades Privadas que também possuem um papel delimitador do uso e ocupação territorial (Brasil, 2006b).

2.1.2. Sustentabilidade e o planejamento territorial

Desde a década de 1980 cientistas têm voltado esforços para a temática de desenvolvimento sustentável decorrente da Conferência de Estocolmo em 1972, que culminou com a apresentação do conceito pela primeira vez pelo relatório de Brundtland em 1987. O desenvolvimento sustentável está fundamentado no desenvolvimento econômico aliado ao uso racional dos recursos ambientais e à equidade social. O planejamento territorial conforme entendido está diretamente relacionado ao conceito de desenvolvimento sustentável, sendo fundamental para o seu alcance (Bosshard, 2000).

Com a consolidação do conceito de sustentabilidade, a terra deixou de exercer apenas sua função econômica e passou a exercer uma função voltada para a conservação e preservação do meio ambiente, além de exercer uma função social. Dessa forma, conflitos a respeito da destinação de terras para determinado tipo de uso passou a ser uma questão recorrente, estando presentes no âmbito do planejamento territorial contemporâneo. Tal conceito difundido globalmente remete a necessidade de um planejamento a fim de que os recursos naturais sejam adequadamente utilizados dentro das tendências globais e locais estabelecidas.

Tendo em vista que cada região apresenta uma especificidade em relação aos usos desenvolvidos localmente, a mitigação de futuros conflitos depende diretamente do desenvolvimento e integração dessas atividades de acordo com os objetivos que permeiam o planejamento proposto. Como cada uso desempenha uma função para a sociedade, as atividades desenvolvidas necessitam de uma análise ponderada em relação a cada um dos benefícios oferecidos e danos causados a fim de que se obtenha um equilíbrio. Apesar do fator econômico ser naturalmente dominante nesse processo, outras questões, como as de cunho social e ambiental, também devem ser levadas em consideração (Groot, 2006).

De acordo com Moraes (2005), a questão ambiental não pode estar dissociada do planejamento e ordenamento territorial, devendo ser tratada como prioridade, seja na identificação de passivos ambientais existentes devido à ocupação anteriormente realizada ou no âmbito do planejamento para os novos tipos de uso a serem implantados. Esse enfoque obteve maior relevância devido às associações de catástrofes ambientais ao uso e ocupação inadequado do solo.

No Brasil, devido à riqueza dos recursos naturais, os conflitos mais observados são acerca da conversão de áreas naturais, que desempenham funções ambientais, pela manutenção dos recursos naturais, e sociais, por proporcionar áreas de lazer, por exemplo, em áreas rurais ou áreas urbanas, que

possuem atividades antrópicas mais intensas e exercem funções predominantemente econômicas (Castro et al., 2009; Soares, 2008).

Nesse sentido, pesquisas voltadas para a conservação dos ecossistemas e dos recursos naturais possuem relevância para o planejamento territorial. Estudos têm sido realizados no âmbito da ocupação indevida do solo em áreas destinadas à conservação, tais ocupações estão relacionadas às atividades econômicas desenvolvidas na região e às políticas econômicas adotadas, evidenciando as interações entre economia e um ordenamento territorial adequado (Santos & Martins, 2010).

Tendo em vista que a maioria da população mundial vive em áreas urbanas, o planejamento urbano torna-se essencial para a sustentabilidade do território. Dentro dessa temática estudos têm sido realizados em relação à ecologia urbana, entendida como o planejamento e manutenção de áreas verdes urbanas. Tais estudos evidenciam a importância da manutenção da biodiversidade urbana para a qualidade de vida da população como também para os processos ecológicos observados (Niemela, 1999).

Outra abordagem relacionada ao ordenamento territorial urbano é a avaliação ambiental estratégica das áreas urbanas na região metropolitana de Concepción (Chile). Tal avaliação é baseada em um índice de adequação da terra para o desenvolvimento urbano que leva em consideração a quantidade de áreas naturais, a conectividade ecológica e a propensão a incidências de riscos naturais. O estudo revelou que o ordenamento adotado para a região resultará em perda de remanescentes naturais e de conectividade ecológica, além de aumentar a exposição das áreas urbanas a vários tipos de riscos naturais, evidenciando a interdisciplinaridade e a complexidade envolvidas no planejamento territorial (Rojas, Pino, & Jaque, 2013).

Demais análises têm sido realizadas para balizar as tomadas de decisão no âmbito do planejamento territorial. Na China, a expansão urbana avança intensamente sobre as áreas rurais, causando impactos ambientais e problemas relacionados à segurança alimentar. Nesse sentido, análises em relação ao uso e ocupação do solo e à aptidão da terra para o uso urbano e agrícola foram realizados com o intuito de embasar o planejamento territorial rumo a um desenvolvimento mais sustentável. Os resultados revelaram conflitos devido a alta aptidão da terra para ambos usos e devido às conversões já observadas de áreas com alta adequabilidade para produção agrícola em áreas urbanas, o que pode causar graves impactos na produção agrícola desse país (Li & Yeh, 2000; Wang, Chen, Shao, Zhang, & Cao, 2012).

Outros estudos vêm sendo elaborados com o intuito de auxiliar no planejamento e ordenamento territorial. Na Malásia, por exemplo, foi desenvolvida uma pesquisa abordando uma estratégia de delimitação de áreas prioritárias para conservação baseada em múltiplos critérios, levando em consideração tomadas de decisão de especialistas e de partes interessadas (Phua & Minowa, 2005). Na Austrália também têm sido desenvolvidas pesquisas para subsidiar a tomada de decisões em relação ao estabelecimento de empreendimentos por meio de sistemas integrados com o intuito de proteger ativos ambientais (Pannell et al., 2012).

Portanto, diversos estudos têm sido desenvolvido permeando o ordenamento territorial porém com diferentes enfoques. Tais estudos têm como objetivo final subsidiar o planejamento territorial, seja por meio da geração de conhecimentos relacionados à ecologia e à biodiversidade, ou por meio da análise de conflitos entre o uso real e o uso planejado de determinada região. Além de análises de aptidão do solo para atividades econômicas ou ambientais assim como estudos para geração de índices e sistemas a fim de subsidiar as tomadas de decisões.

2.1.3. Bases legais do planejamento e ordenamento territorial

A gestão territorial pode ser analisada em três níveis distintos, a saber: nacional, regional e local. Tal divisão pressupõe diretrizes e instruções normativas voltadas para cada escala determinada, devendo ter articulações e integração com os outros níveis de ação do planejamento. Na Carta Magna de 1988 está definido como competência da União elaborar e executar planos nacionais e regionais de ordenamento territorial, ficando atribuído aos municípios o planejamento e controle do uso e ocupação local a fim de que seja promovido o ordenamento adequado do território (Brasil, 2006b).

O sistema federativo implantado no Brasil ao mesmo tempo que permite uma descentralização e autonomia aos seus entes, a saber, União, Estados, Municípios e Distrito Federal, dificulta a integração de políticas públicas, gerando demandas conflituosas. Essa característica é bastante evidente no âmbito do planejamento do ordenamento territorial. Um dos princípios do direito urbanístico que reflete tais contradições é a coesão dinâmica das normas urbanísticas que associa a eficácia de tais normas à coerência entre as mesmas. Tendo em vista que para o adequado ordenamento territorial é necessário a interdisciplinaridade de diversos temas, gerando um grupo complexo de diferentes instruções normativas, o referido princípio é essencial para que o planejamento territorial seja viável (Rosin, 2011).

Dessa forma, os conflitos referentes ao uso e ocupação do solo surgem tanto devido à falta de uma política a ser adotada, assim como, na presença de mais de uma política. O primeiro reflete os diversos anseios de uma sociedade levando a um uso e uma ocupação desenfreada do solo com consequências sociais, ambientais e econômicas devido à falta de uma regularização do território. O segundo, refere-se aos conflitos existentes entre diferentes políticas instituídas sem a devida observância e harmonia às legislações vigentes e sem a devida fiscalização para o real cumprimento das normas instituídas, ocasionando também um uso e ocupação inadequado do solo.

Nesse contexto, em 2003 foi iniciada a discussão com vistas a formulação da **Política Nacional de Ordenamento Territorial** (PNOT), que ainda está em tramitação. A PNOT é extremamente importante para a conectividade entre as diferentes instruções normativas no âmbito do uso, ocupação e proteção do solo urbano e rural que, apesar da estarem relacionadas, não são observadas gerando redundância ou conflitos. Dessa forma, espera-se a partir da PNOT a unicidade das normas legais referentes ao ordenamento territorial, que por se tratar de uma temática interdisciplinar necessita de uma integração não somente entre as normas dos entes federativos

(políticas nacionais e locais), como também entre diferentes matérias, como é o caso de normas ligadas ao meio ambiente e promoção do desenvolvimento urbano e rural (Brasil, 2006b).

Dentre tais normas podem ser citadas a Lei das Unidades de Conservação (Sistema Nacional das Unidades de Conservação - 9.985/2000), o Estatuto da Terra no que tange a reforma agrária (4.504/1964), a Política Nacional do Meio Ambiente (6.938/1981), entre outras. Tais legislações, apesar de terem suas especificidades e seus próprios instrumentos, são influenciadoras do uso e ocupação do solo e integradas fazem parte de um todo, de um planejamento territorial de um País de dimensões continentais (Brasil, 2006b).

Outra Política relacionada ao uso e ocupação do solo recentemente instituída é a Política Nacional de Proteção e Defesa Civil (PNPDC) de 10 de abril de 2012 com o intuito de reduzir e recuperar áreas afetadas por desastres, além de avaliar e monitorar identificação de ameaças assim como estimular o ordenamento da ocupação do solo urbano e rural. Nesse sentido, essa política trata diretamente de planejamento territorial como medida para prevenção de catástrofes ambientais que normalmente estão associadas ao mau planejamento ou a uma falta de um planejamento territorial.

Nesse sentido, a transversalidade referente ao planejamento e ordenamento de um território remete a uma coordenação integrada de diversas normas e entre diferentes entes e órgãos do governo. No caso das bacias hidrográficas, o território estaria normatizado pelos planos diretores municipais dos municípios abrangentes, pelos zoneamentos ecológicos econômicos estadual e/ou regional, além das legislações pertinentes às unidades de conservação, aos projetos de assentamentos, às terras indígenas, entre outras, quando couber. Tais normas devem ser compatibilizadas para que as ações conjuntas almejem objetivos comuns do planejamento nacional, levando em consideração todas as variáveis envolvidas assim como os instrumentos legais pertinentes.

Entretanto, a problemática acerca do assunto é um desafio tendo em vista o atraso na elaboração da PNOT, no âmbito do planejamento nacional do país, propiciando a consolidação e regularização de usos em áreas não adequadas; além do fato das instruções normativas serem construídas em uma escala local sem uma regulamentação nacional, na ordem inversa do planejamento, podendo causar conflitos na ordenação e destinação do território, principalmente nas áreas limítrofes.

O **Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE)** é um instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente e tem como objetivo balizar as decisões referentes à implantação de obras, planos e atividades públicas e privadas que utilizem os recursos naturais. Tal documento permite o zoneamento das regiões de acordo com as fragilidades dos ecossistemas, estabelecendo restrições, vedações, alternativas de uso e realocação de atividades. O ZEE é previsto em diferentes escalas, a saber, nacional ou macrorregiões, estadual e local, sendo que no âmbito municipal o ZEE atua junto ao plano diretor.

O Estatuto das Cidades, política urbana consolidada pela Lei 10.257 de 10 de julho de 2001, regulamenta e estabelece diretrizes para a Política de Desenvolvimento Urbano, prevista na

Constituição Federal (art.182 e 183). Tal Estatuto possui como cerne o bem estar da população e o plano diretor como instrumento básico do ordenamento do território, sendo estimulado uma elaboração participativa. O planejamento econômico e espacial da cidade, a garantia à moradia, infraestrutura, transporte, serviços públicos e ao trabalho, dentre outras, são diretrizes da política urbana que ensejam a função social da propriedade urbana. Dessa forma, o Estatuto delinea o mínimo a ser alcançado pelas políticas locais, respeitando a atuação e a adequação no que tange as especificidades de cada localidade (De Freitas, 2007).

O **Plano Diretor Municipal** é o instrumento básico do Estatuto das Cidades, sendo que entre os outros instrumentos da referida Lei está o zoneamento ambiental e os planos de ordenamento territorial nacional, regional e estadual. O plano diretor municipal é obrigatório para cidades com mais de vinte mil habitantes, tendo como principal objetivo o exercício das funções sociais da cidade a partir do regulamento do uso urbano (De Freitas, 2007).

2.1.4. O planejamento territorial no âmbito da Bacia do Alto Rio Descoberto

A Bacia do Alto Rio Descoberto é uma bacia interestadual, abrangendo o estado de Goiás, nos municípios de Águas Lindas de Goiás e de Padre Bernardo, e o Distrito Federal (DF) (Figura 1). A coordenação integrada é essencial em territórios ocupados por bacias hidrográficas que abrangem mais de um município como é o caso da Bacia do Alto Rio Descoberto, que além de possuir uma grande complexidade acerca das instruções normativas do ordenamento territorial, apresenta conflitos entre aos usos destinados e a qualidade ambiental da bacia tendo em vista a vocação para o abastecimento de água para consumo humano. Nesse contexto, foram elaboradas normas no âmbito do planejamento territorial, sejam essas provenientes da política de desenvolvimento urbano ou de temas correlatos, influenciando o ordenamento e o uso e ocupação do solo da região (Figura 3).

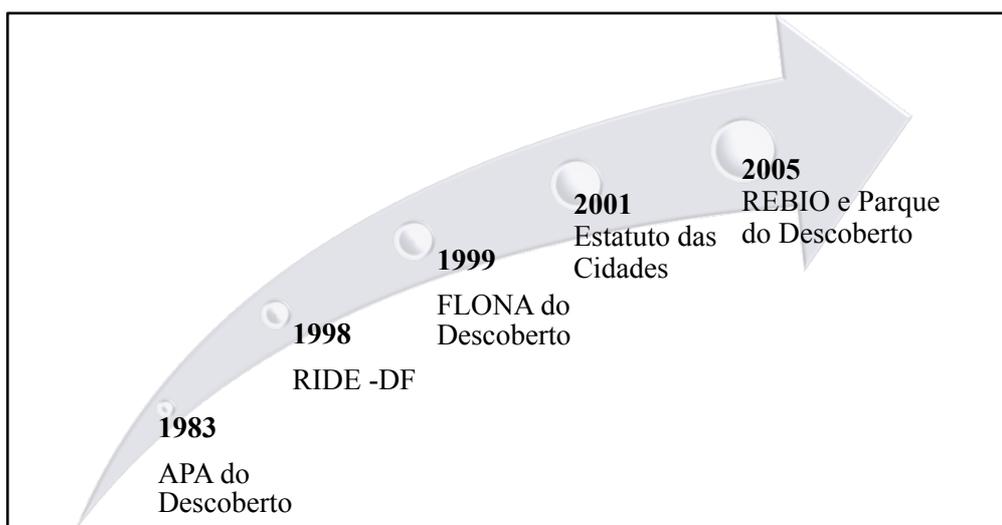


Figura 3. Cronologia no âmbito do planejamento territorial da Bacia do Alto Rio Descoberto.

Essa necessidade da coordenação das atividades desenvolvidas na região foi evidenciada por meio do estabelecimento da **Rede Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal (RIDE - DF)**

composto pelo Distrito Federal, municípios do estado de Goiás e Minas Gerais, onde a Bacia está inserida. A RIDE é uma região de desenvolvimento econômico com o intuito de articular as ações administrativas dos entes envolvidos, sendo de interesse da RIDE, dentre outros temas, o uso, parcelamento e ocupação do solo.

Dentre as demais normas delimitadoras do uso e ocupação do solo da Bacia, estão a criação de unidades de conservação, recepcionadas pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC). O SNUC apresenta duas categorias de unidades de conservação: as de uso sustentável, com o objetivo de conservar com a utilização sustentável de parte de seus recursos naturais, e as de proteção integral, com o objetivo preservar, não permitindo a utilização direta de seus recursos naturais. A primeira unidade de conservação criada na região foi a **Área de Proteção Ambiental do Descoberto (APA)**, que é uma unidade de conservação de uso sustentável, com grande extensão territorial e com ocupação humana, detentora de fatores bióticos importantes para a qualidade de vida e bem estar da população, onde o processo de uso e ocupação ser disciplinado. (Brasil, 2000).

A partir da criação da APA do Descoberto, foi homologada a Instrução normativa 001 de 1988 a fim de regulamentar o zoneamento da APA e de restringir determinados usos, sendo portanto um importante instrumento de gestão do território. Tal norma define para o território da APA oito zonas, a saber :

- Zona de Contenção de Área Rural 1 e 2 (ZCAR): corresponde a área preferencialmente agrícola com uso controlado de agrotóxicos e fertilizantes;
- Zona de Preservação e Recuperação (ZPR): corresponde a área de estancamento da degradação da cobertura vegetal e dos recursos hídricos;
- Zona de Controle Específico 1 e 2 (ZCE): áreas destinadas ao reflorestamento, à preservação e à recuperação das matas ciliares ou de galeria;
- Zona de Ocupação Programada 1 e 2 (ZOP): áreas de atividades agropecuárias, com proibição de algumas atividades como suinocultura; e
- Zona de Contenção de Área Urbana (ZCAU): área urbanizada de Brazlândia, havendo restrição de estabelecimento de novas áreas urbanas.

No âmbito das Unidades de Conservação de uso sustentável foi instituída na região, em 1999, a **Floresta Nacional de Brasília (FLONA)**, tendo como objetivo a manutenção e preservação dos recursos hídricos e da biodiversidade, bem como a recuperação de áreas degradadas. No âmbito das Unidade de Conservação de proteção integral, foram criadas na região da Bacia a **Reserva Biológica do Descoberto (REBIO)** e o **Parque Estadual do Descoberto**, em 2005. A REBIO abrange a faixa verde de 125m entorno do Lago do Descoberto na porção do DF, enquanto o Parque encontra-se na margem oposta na porção do estado de Goiás. Não obstante, a Bacia do Alto Rio Descoberto é limítrofe ao Parque Nacional de Brasília, criado em 1961, que também exerce influência na disposição espacial do uso e ocupação do solo (Figura 4).

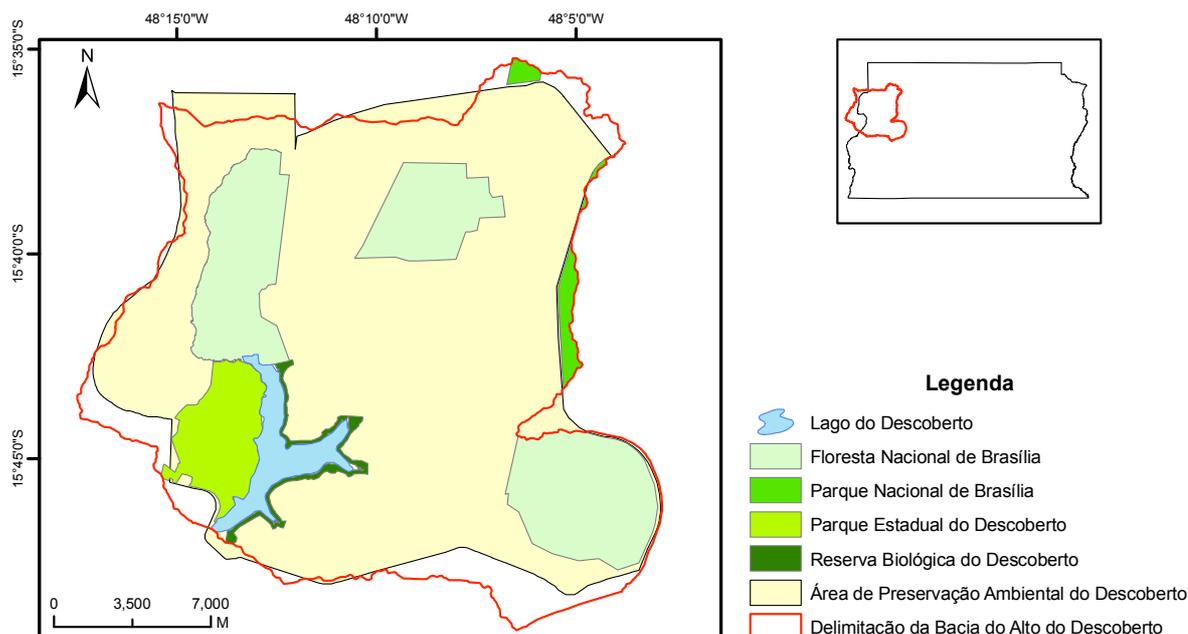


Figura 4. Unidades de conservação na Bacia do Alto Rio Descoberto. Autor Juliana Faria Nunes/Fonte: ICMBio/MMA.

No que tange as normas diretamente ligadas ao ordenamento do território estão o ZEE e os planos locais de ordenamento territorial dos municípios abrangidos pelo território da Bacia do Alto Rio Descoberto, a saber os planos diretores do Distrito Federal, e dos municípios de Águas Lindas de Goiás e de Padre Bernardo - GO.

No âmbito do Zoneamento ecológico-econômico, ainda estão em processo de elaboração zoneamentos que abrangeriam a região da Bacia, a saber, o ZEE do bioma cerrado e o ZEE do Distrito Federal, apesar de o decreto regulamentador desse instrumento ter entrado em vigor em 2002. Dessa forma, a eficácia do ZEE como instrumento de ordenação territorial está comprometida devido ao descompasso na elaboração do zoneamento em diferentes escalas, impactando na compatibilização entre os diferentes níveis de ZEE, assim como entre outros instrumentos de ordenamento territorial da região.

O **Plano Diretor de Ordenamento Territorial do DF (PDOT)** equivale ao Plano Diretor Municipal no âmbito do Distrito Federal (DF), sendo um instrumento essencial para a expansão e desenvolvimento da cidade de acordo com a Lei Orgânica do DF. Anteriormente ao PDOT, o DF possuiu outras políticas de ordenamento territorial como o Plano de Estruturação e Organização Territorial do Distrito Federal (1977), o Plano de Ocupação Territorial (1985) e o Plano de Ocupação e Uso do solo aprovado em 1986 e homologada em 1990 (Guerra, 2011). O primeiro PDOT realizado foi em 1992 (Lei complementar n° 353 de 18 de novembro de 1992) devido à obrigatoriedade prevista na Constituição Federal (art. 182).

Em 1997, foi homologada a segunda lei complementar referente ao Plano Diretor do Distrito Federal (Lei n° 17 de 28 de janeiro de 1997) e em 2009, após longo período de discussões e já recepcionando o Estatuto das Cidades, foi sancionada a revisão do PDOT de 1997 (Lei complementar n° 803 de 25 de abril de 2009). No entanto, cerca de 60 artigos da Lei complementar n° 803/2009

foram declarados inconstitucionais pela Ação Direta de Inconstitucionalidade (ADIn), necessitando, portanto, de uma atualização para preencher as lacunas deixadas por tal instrumento de controle da constitucionalidade das leis. A referida atualização do PDOT foi aprovada e homologada em 15 de outubro de 2012 (Lei complementar n° 854) (SEDHAB, 2013).

Dessa forma, o PDOT do Distrito Federal em vigor é composto pelas Leis complementares n° 803/2009 e n° 854/2012. Dentre os objetivos previstos do plano estão a melhoria da qualidade de vida da população, o resguardo do patrimônio ambiental, otimização do desenvolvimento urbano e rural de acordo com a infra-estrutura e disponibilidade de serviços a fim de manter tal uso dentro de um gestão participativa com a sociedade civil. Dessa forma, o PDOT traz diretrizes não somente acerca do uso e ocupação do solo, como também do transporte, esgotamento sanitário e recursos sólidos.

O PDOT classifica as áreas urbanas de acordo com a densidade populacional, coeficiente de aproveitamento (áreas construída em relação a área do terreno), tamanho dos lotes disponibilizados e porcentagem de equipamentos urbanos. A partir dessa setorização são determinadas restrições para cada área urbana a fim de traçar tendências de expansão, consolidação e de contenção na transição de áreas rurais em áreas urbanas, evitando assim criação de novos núcleos urbanos dissociados dos núcleos já existentes. O Distrito Federal (DF) possui grande diversidade de classes de área urbana devido à especificidade da capital, tendo parte de sua área urbana tombada como patrimônio cultural. A Bacia do Alto Rio Descoberto, na parte do DF, possui áreas de zona urbana controlada II (porção norte da conurbação Ceilândia e Taguatinga e núcleo de Brazlândia), assim como áreas urbanas já consolidadas (parte de Ceilândia consolidada) conforme o anexo I mapa 1A do PDOT em vigor (Figura 5).

As áreas de qualificação e expansão urbana são áreas com propensão a ocupação populacional próximas a áreas já consolidadas e/ou que necessitem de processo de regularização fundiária enquanto as áreas de uso controlado II são áreas urbanas com predominância de média e baixa densidade populacional localizadas em região de sensibilidade ambiental devido a sua influência nos mananciais de abastecimento de água. As áreas urbanas consolidadas apresentam uma malha urbana mais densa abrangendo diferentes densidades populacionais (baixa, média e alta) servidas de infraestrutura.

Além do macrozoneamento urbano acima descrito, o Distrito Federal também possui um macrozoneamento de proteção integral e um macrozoneamento rural, sendo o último dividido em zona rural de uso diversificado e zona rural de uso controlado. Diferentemente da área rural de uso diversificado, que possui atividades agropecuárias consolidadas, a zona rural de uso restrito apresenta atividades de agricultura familiar, ligados a subsistência e em região de sensibilidade ambiental no que tange a proteção de mananciais de água. No Distrito Federal são determinadas quatro áreas rurais de uso controlado, sendo a zona rural da Bacia do Alto curso do Rio Descoberto, na porção do DF, identificada como zona rural de uso controlado III, conforme anexo I, mapa 1B do PDOT (Figura 5).

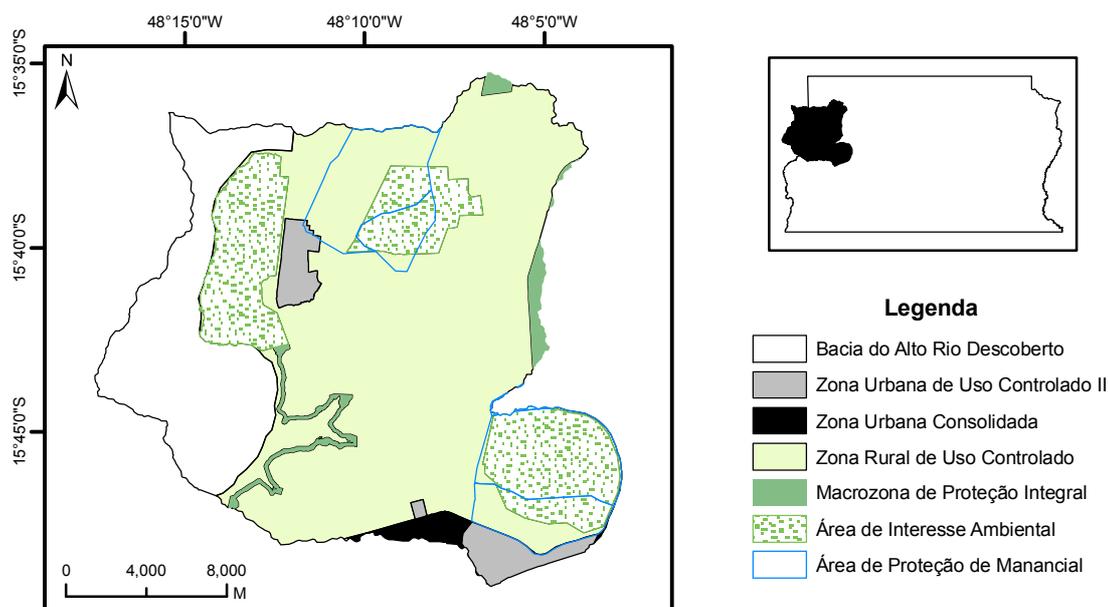


Figura 5. Mapa adaptado do zoneamento do PDOT na Bacia do Alto Rio Descoberto. Autor: Juliana Faria Nunes.

O macrozoneamento de proteção integral destinada a preservação da natureza, contemplando unidades de conservação de proteção integral como a Reserva Biológica do Descoberto e o Parque Nacional de Brasília, devendo conter corredores ecológicos ou outras conexões entre as unidades de conservação. Além da macrozona de proteção integral também existe o dispositivo das áreas de proteção de manancial (APM) que são destinadas a recuperação e promoção de uso sustentável das áreas a montante dos pontos de captação em bacias hidrográficas com destinação de abastecimento público para consumo humano. Além disso, há a definição de áreas de interesse ambiental para as unidades de conservação de uso sustentável que possuem características específicas demandantes de diretrizes diferenciadas, estando incluída a Floresta Nacional de Brasília (Figura 5).

Dessa forma, o Plano Diretor do Distrito Federal (PDOT) remete à Área de Proteção Ambiental do Descoberto (APA) e à importância da Bacia ao definir a área rural dessa região como macrozona rural de uso controlado e ao classificar a maior parte da área urbana da bacia como área urbana de uso controlado, assim como ao caracterizar Áreas de Proteção de Mananciais (APM), áreas de interesse ambiental e a macrozona de proteção ambiental.

O Plano Diretor de Padre Bernardo - GO foi instituído pela Lei nº 647 de agosto de 2004, tendo como objetivo o desenvolvimento físico, econômico, social e administrativo do município. Tal norma divide o território em macrozona rural e macrozona urbana, sendo a área urbana subdividida em zonas de acordo com a predominância de uso e densidade populacional para as áreas predominantemente residenciais além de definir proposições ambientais, socioeconômicas e físico-territoriais.

As proposições ambientais foram divididas em rural e urbana, prevendo para a área rural um aumento, de acordo com o código florestal, de áreas de preservação permanente (APP) dos rios de até 10 m de largura para 50m, a preservação de áreas com vegetação nativa, a criação de parques e o

controle da poluição dos solos e da água por meio de controle de fertilizantes, de defensivos agrícolas e pela proibição de lançamento de esgotos sem tratamento. Na área urbana as proposições são referentes à criação de parques, controle da poluição por meio da ampliação da rede de infraestrutura e a conscientização ambiental prevista para ambas zonas.

As proposições socioeconômicas são voltadas para o desenvolvimento turístico e agroindustrial, prevendo incentivos às empresas familiares, aos produtores familiares, à criação de áreas específicas para o uso industrial e uso comercial e pela promoção de cursos profissionalizantes e integração das minorias. As proposições físico-territoriais englobam a setorização do município, principalmente da área urbana, as melhorias de infra-estrutura e de prestação dos serviços essenciais, como transporte, educação, coleta de lixo, saúde, entre outros.

Dessa forma, o Plano Diretor de Padre Bernardo prevê principalmente ações estruturantes da área urbana do município visando o bem-estar social e o desenvolvimento econômico da região; entretanto, a questão ambiental é pouco abordada nesse instrumento, contendo somente algumas proposições gerais, sem propiciar ações mais concretas para promoção e manutenção dos recursos naturais.

O Plano Diretor de Águas Lindas de Goiás - GO foi instituído pela Lei municipal n° 341 de setembro de 2002, e tem como objetivo promover o ordenamento territorial, ampliar o nível de satisfação das necessidades urbanas e otimizar a gestão municipal. Para alcançar tais objetivos, a norma é norteada na definição dos princípios da consolidação urbana e urbanização dos vazios urbanos, da preservação ambiental e da preservação paisagística. Em tal documento o território é dividido em dois níveis de controle: o macrozoneamento territorial, composto por zona urbana, zona de preservação ambiental, zona de preservação paisagística e zona rural, e o microzoneamento territorial.

A zona urbana foi definida pela estrutura urbana já implantada e pelos loteamentos aprovados pelo município, regularizando o uso e ocupação anteriormente realizado. A zona de proteção ambiental é dividida em zona de proteção ambiental 1, destinada à preservação de rios e nascentes, e zona de proteção ambiental 2, destinada à preservação do lago do Descoberto. A zona de preservação paisagística é dividida em zona de preservação paisagística 1, delimitando as glebas na porção norte e sul, e zona de preservação paisagística 2, delimitando as glebas na porção leste e oeste, tais zonas são áreas de transição entre a zona urbana e demais zonas do município. A zona rural foi caracterizada como residual, sendo composta pelas demais áreas e pelo entorno imediato da zona urbana e áreas urbanas não consolidadas. O microzoneamento estabelece a estrutura urbana e define parâmetros para uso e ocupação das zonas anteriormente delimitadas no macrozoneamento.

Ademais, o plano diretor de Águas Lindas elenca necessidades básicas a serem atingidas para a ampliação do nível de satisfação e das necessidades humanas, como estruturação das redes viárias, dos bairros e dos equipamentos de segurança, saúde, educação e lazer. Tais disposições são emergentes de uma cidade populosa com crescimento desordenado e com forte dependência do

Distrito Federal. Dessa forma, o Plano Diretor de Águas Lindas promove a consolidação das áreas urbanas e dos parcelamentos realizados com a estruturação do centro urbano, visando, assim como o plano diretor de Padre Bernardo, o bem-estar social, remetendo também ao desenvolvimento econômico da região, além de caracterizar áreas de preservação de paisagismo e de proteção ambiental para a região da Bacia.

Dessa forma, diversos avanços foram alcançados no âmbito das políticas de ordenamento territorial desde a constituição Federal de 1988, tendo como grande marco o Estatuto das Cidades. A partir da promulgação dessa Lei, o planejamento territorial foi impulsionado no âmbito da gestão pública devido à obrigatoriedade do estabelecimento de planos diretores para cidades com mais de vinte mil habitantes. No entanto, são necessários maiores avanços na qualificação e execução de tal planejamento para que se obtenha um ordenamento territorial adequado, permanecendo ainda entraves de diversas naturezas para o alcance dessa meta, tendo como exemplo a articulação e coordenação desse planos locais de ordenamento territorial e com demais legislações relacionadas.

Nesse contexto, apesar do PDOT conter restrições para a região da Bacia do Alto Rio Descoberto compatíveis com a instrução normativa que regulamenta a APA do Descoberto, o plano diretor de Padre Bernardo pouco avança sobre o controle de áreas rurais e a manutenção da preservação ambiental. Nesse Plano Diretor é feita menção somente a diretrizes gerais enquanto referencia que as restrições das zonas urbanas sejam definidas em leis *a posteriori*. O mesmo ocorre com o plano diretor de Águas Lindas que apesar de definir zonas de proteção ambiental, aumentando a faixa verde entorno do lago do Descoberto de 125m para 600m e as áreas de nascente de 50m para 80m, não menciona o Parque Estadual em seu território e possui definições vagas da delimitação das zonas definidas, principalmente da zona rural.

Além disso, o instrumento de Águas Lindas não possui regras claras de parcelamento e uso do solo apesar de permiti-lo e incentivá-lo na zona urbana, inclusive na área da APA onde o loteamento foi anteriormente proibido para tal finalidade pela instrução normativa que a regulamenta. A observância aos outros instrumentos referentes ao ordenamento territorial da bacia foi evidenciada pelo Ministério Público Federal ao enviar recomendações de cumprimento das restrições do zoneamento previsto pela APA do Descoberto ao município de Águas Lindas com o intuito de preservar os recursos naturais da bacia.

Nesse contexto, a falta de uma coordenação integrada entre as políticas direta ou indiretamente ligadas ao ordenamento territorial assim como as contrariedades entre a previsão legal e a execução real levam a conflitos de uso e ocupação conforme mencionado anteriormente. Um exemplo pode ser observado no âmbito da Bacia do Alto Rio Descoberto a criação do Projeto de Integrado de Colonização Alexandre Gusmão voltado para a ocupação rural, que atualmente possui uma intensa ocupação e parcelamento do solo em uma região de grande sensibilidade ambiental e com influência na qualidade da água do reservatório destinado para abastecimento humano de água.

Outra questão a ser levada em consideração é o conceito da unidade de planejamento adotada nas políticas de ordenamento territorial. Em tais normas é adotada a divisão política administrativa, por exemplo municípios e estados, ou uma divisão regional, como os biomas. Tal unidade de planejamento não é adequada para bacias hidrográficas intermunicipais ou interestaduais, pois para que seja feito um planejamento dos recursos hídricos é necessário analisar toda a área de influência da bacia, tendo ligação direta com o uso e ocupação do solo desenvolvido na região. Ao não se adotar a unidade de bacia hidrográfica para as políticas e instrumentos de ordenamento territorial é gerado um entrave na gestão dessa bacia, devido a necessidade da compatibilização e integração das diretrizes elaboradas ou não dos diferentes entes envolvidos.

A unidade de planejamento local aumenta a complexidade da transversalidade do tema no caso da análise do planejamento e ordenamento territorial de bacias hidrográficas intermunicipais e ou interestaduais. Portanto, são entraves do planejamento territorial devido a falta de integração e observância das diversas normas acerca da territorialidade e seu uso e ocupação, assim como a falta de políticas hierárquicas, princípios e diretrizes gerais norteadoras de tais normas.

2.1.5. Histórico do Uso e ocupação do solo no Distrito Federal

A capital do País teve sua concepção diferenciada de qualquer outra cidade do Brasil tendo em vista a disponibilidade de relatórios técnicos anteriores à implantação da cidade, incluindo estudos relacionados a topografia, a geologia, às drenagens e aos solos da região, possibilitando uma análise integrada da melhor região para a ocupação e o desenvolvimento urbano a qual estava designado (Barbo, 2001).

A concepção da ocupação do interior do País data desde 1761 culminando na determinação legal de uma área no planalto central a ser destinada para a futura capital do País em 1891. A primeira demarcação foi realizada pela expedição Cruls em 1893, mas foi somente 1943 que foram determinadas normas para a implantação de tal ocupação. O início do processo de ocupação efetiva do denominado Sítio Castanho demarcado pelo Relatório Belcher, onde hoje é ocupado pelo Distrito federal, se deu durante a década de 1950, por meio do projeto urbanístico desenvolvido por Lúcio Costa que culminou na inauguração da nova capital em 1960 (CODEPLAN, 2010).

As modificações no uso e ocupação do solo no Distrito Federal foram analisadas por meio de uma análise multitemporal, revelando que a partir da década de 1960 houve um crescente aumento das taxas de urbanização e de expansão agrícola na região. A partir da década de 1970 houve a consolidação das práticas agrícolas que deixaram de ocupar as margens dos cursos d' água e passaram a ocupar áreas de campo e cerrado. Até a década de 80, a área urbana sofreu grandes expansões com ocupação de novas áreas e consolidação da cidade de Brasília, posteriormente surgiu o processo de conurbação de cidades como Taguatinga e Ceilândia e entre Brasília, Guará e Cruzeiro (UNESCO, 2002).

Desde 1954 até o ano de 2001 houve uma perda de 47% da cobertura original de matas assim como de 74% de perda da cobertura original do Cerrado. A partir de 1998 houve uma desaceleração da perda da cobertura natural principalmente devido ao fato de terem restado poucas áreas remanescentes de vegetação natural a serem ocupadas. No entanto, o crescimento populacional desencadeou um maior adensamento do parcelamento do solo e do processo de conversão de áreas anteriormente ocupadas para produção agrícola em áreas urbanas (UNESCO, 2002).

Apesar do Distrito Federal ter sido planejado, houve um grande processo de migração durante a ocupação do território, resultando em um crescimento desenfreado da ocupação urbana que aumentou mais de 350 vezes da sua área original em 1954; tal expansão culminou na criação de várias cidades satélites no entorno de Brasília e em um grande crescimento populacional demandante de infraestrutura e de uma ocupação insustentável do solo (Brasil, 2004; UNESCO, 2002).

Além da grande expansão urbana observada, a utilização de terras para produção agrícola também compõe uma das principais tendências de ocupação no Distrito Federal. A área destinada para a agricultura em 2001 já tinha aumentado quase 3000 vezes da área inicial registrada em 1954, sendo a principal ocupação atual a monocultura de grãos, caracterizada por uma ocupação extensiva e grande demandante dos recursos hídricos. Essas áreas estão concentradas principalmente nas bacias hidrográficas do Rio Preto e São Bartolomeu (UNESCO, 2002).

Opostamente às tendências de uso e ocupação do solo em detrimento da vegetação natural, foram criadas unidades de conservação no DF ao longo do tempo, que hoje atuam como barreiras para a expansão urbana e agrícola. Cerca de 90% do Distrito Federal é composto por unidades de conservação, que apresenta, ao retirar as APAs em sua composição uma maior proporção de unidades de proteção integral. Entretanto, não é possível a criação de unidades de conservação mais restritivas, como as de proteção integral, em todas as áreas que devem ser preservadas por possuírem algum interesse ecológico, devendo haver a promoção da educação ambiental e investimentos em um planejamento de médio e longo prazo (Barbo, 2001).

No âmbito do DF, essa contenção das expansões da ocupação antrópica por meio das unidades de conservação é mais fortemente observado na Bacia do Paranoá. Tal Bacia possui uma ocupação predominantemente urbana, sendo as unidades hidrográficas com maior taxa de urbanização para o ano de 2009 as do lago Paranoá e do Riacho Fundo devido ao fato de estarem mais distantes dos limites geográficos das áreas preservadas. Nas unidades hidrográficas mais confinadas nas proximidades das unidades de conservação apresentam uma menor taxa de urbanização para o período proposto, como as unidades hidrográficas do Torto e do Bananal (Menezes, 2010).

Dessa forma, a disposição espacial da ocupação do solo no Distrito Federal ocorreu de forma concentrada sendo a Bacia do Rio São Bartolomeu e do Rio Preto as áreas com maior concentração das áreas destinadas para produção agrícola, onde localiza-se o Programa de Assentamento Dirigido do Distrito Federal (PAD-DF). A Bacia do Paranoá já apresenta uma ocupação predominantemente urbana enquanto a Bacia do Rio Descoberto é uma bacia mista sendo na porção norte

predominantemente agrícola e na porção sul possui uma ocupação urbana mais desenvolvida agrupando algumas conurbações de cidades satélites do entorno de Brasília como Taguatinga e Ceilândia juntamente com atividades agrícolas e remanescentes do Cerrado devido a dificuldade de ocupação por se tratar de um terreno mais acidentado.

2.1.6. Histórico do Uso e ocupação do solo na Bacia do Alto Rio Descoberto

A Bacia do Alto Rio Descoberto teve sua ocupação consolidada após a construção da barragem do Lago do Descoberto em 1973. Tal construção viabilizou a formação do Lago do Descoberto, que possui grande importância na captação de água para consumo humano da cidade de Brasília para suprir as demandas do processo de expansão urbana e crescimento populacional. Juntamente com o processo de urbanização de Brasília, houve uma consolidação dos usos na região da Bacia com uma grande expansão agrícola e urbana, sendo que durante o período de 1994 a 2011 houve uma perda de aproximadamente 10% da área da bacia ocupada pela vegetação nativa e um aumento de quase o dobro da área destinada para atividades agrícolas (Nunes, 2011).

Tendo em vista a manutenção da qualidade de água desse manancial foram instituídas quatro unidades de conservação na região da Bacia do Alto Rio do Descoberto, que desempenham uma função na distribuição espacial do uso e ocupação do solo e, portanto, no ordenamento territorial. A primeira unidade de conservação estabelecida foi a APA do Descoberto, no começo da década de 1980, estabelecendo diretrizes no âmbito do uso e ocupação do solo a fim de que as atividades potencialmente poluidoras capazes de afetar a qualidade de água do manancial sejam restringidas ou proibidas.

Dentre as diretrizes propostas estão a proibição do uso de agrotóxicos e defensivos agrícolas do tipo mercurial e organoclorado, a prática de atividades de suinocultura e de avicultura, assim como a instalação de indústrias potencialmente poluidoras. Além de novas ocupações urbanas ou loteamento com características urbanas exceto Brazlândia (ZCAU), inclusive o adensamento e urbanização do INCRA 08 no Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão. Nesse documento também foi definido uma faixa de 50m para preservação dos tributários e uma faixa verde de 125m às margens do reservatório do Lago do Descoberto.

Tais faixas verdes são também caracterizadas como áreas de preservação permanente (APP) que deveriam ter sido implantadas no processo de construção da barragem definido pelo código florestal em vigor na época (Lei 4.771/1965), porém a regulamentação da implementação dessa APP só foi definida pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) em 2002 (Resolução CONAMA n° 302). Dessa forma, foi proposta essa faixa verde na década de 80 levando em consideração a manutenção do reservatório e a diminuição do impacto de processos de assoreamento devido ao desmatamento e ao uso indevido do solo (Cardoso & Cordeiro Netto, 2000).

Além da APA do Descoberto, as demais unidades de conservação evidenciam a importância dos recursos hídricos pela reafirmação da faixa verde anteriormente definida a partir da criação da REBIO

do Descoberto, na porção do DF, e pela criação do Parque estadual do Descoberto na margem oposta do reservatório localizado no Goiás, além da proteção às nascentes e conectividade das áreas protegidas proporcionada pelas glebas da FLONA de Brasília. Dessa forma, foram instituídas diversas áreas de proteção ambiental com o intuito de prevenir a expansão e a ocupação desenfreada do solo assim como de preservar os cursos d'água e o reservatório do lago do descoberto. Não obstante, a Bacia do Alto Rio Descoberto é limítrofe ao Parque Nacional de Brasília, abrangendo na sua delimitação uma pequena porção dessa unidade de conservação instituída em 1961, que também pode ser impactada pelo uso e ocupação do solo da região abrangida pela Bacia.

No entanto, apesar das determinações de restrições ambientais ligadas ao uso e ocupação do solo citadas, foi observado a presença de suinocultura em escala comercial na Bacia do Alto Rio Descoberto, uso inadequado de agrotóxicos e fertilizantes, criação de gado, hortifrutigranjeiros e agricultura intensiva, sendo necessário não somente a adequada fiscalização dessas áreas, como também a criação de projetos sociais ligados a educação ambiental que estimulem a população local nessa preservação ambiental (Lima, 2004; Macedo, 2004).

Além da tendência agrícola evidenciada ao longo dos anos, a Bacia do Alto Rio Descoberto também sofre com um processo de uso e ocupação definido pelo adensamento urbano no núcleo rural de Alexandre Gusmão (DF) e pelo crescimento urbano de Brazlândia (DF), Padre Bernardo (GO) e Águas Lindas (GO) (Nunes, 2011; Pereira & Netto, 2000). A expansão urbana de Águas Lindas foi bastante pronunciada ao longo do tempo sendo que em 2003 cerca de 28% da população da cidade vivia dentro da Bacia do Alto Rio Descoberto apesar da proibição da instrução normativa de 1988 de criação de novas áreas urbanas (Christofidis, 2003).

Juntamente com o processo de uso e ocupação do solo por meio da expansão agrícola e urbana são observadas consequências provenientes dessas expansões sem o devido planejamento e fiscalização do Estado. Dentre os problemas observados pode-se destacar a perda das matas de galeria ao longo dos rios tributários do reservatório, atividades agrícolas sendo desenvolvidas às margens do Lago do Descoberto podendo causar poluição e perda da qualidade de água e áreas de solo exposto e lixo a céu aberto, gerando poluição e possível perda de solos (Figura 6).



Figura 6. Fotos de campo. Acima - agricultura às margens do lago (A); À esquerda - rio da sub-bacia do Rio Descoberto sem mata de galeria e rede pluvial(B); Abaixo - solo exposto com lixo a céu aberto (C) (Nunes, 2011).

Devido à importância da Bacia do Alto Rio Descoberto, diversos estudos têm sido realizados ao longo dos anos a fim de determinar as tendências e padrões do uso e ocupação do solo a partir da identificação das diferenças nas classes temática, e a fim de analisar e avaliar os impactos desse uso e ocupação a uma área de grande sensibilidade ambiental e com diversas restrições relacionadas ao ordenamento territorial. Tais estudos são relacionados a ameaças ligadas a qualidade da água e dos solos, assim como do ecossistema como um todo.

O mapeamento multitemporal do uso e ocupação do solo do Distrito Federal de 1953 a 1998 evidenciou a expansão agrícola acentuada, conforme observado em demais estudos realizados na Bacia do Alto Rio Descoberto. Apesar dessa análise não contemplar todo o território da bacia, pois não foi analisado a porção do estado de Goiás, é possível observar o panorama de uso e ocupação do solo da bacia e as tendências ao longo dos anos (Figura 7). A partir dos meados da década de 1960 houve uma expansão da área urbana de Brazlândia, além do início do desenvolvimento agrícola. Entre a década de 1970 e meados da década de 1980, houve uma expansão da atividade agrícola e urbana na região, além do início de atividades de silvicultura incentivadas pelo programa PROFLORA. Na

década de 1990, o processo de expansão dessas atividades na região teve continuidade, além da consolidação dos usos. Dessa forma é perceptível a perda de vegetação nativa em detrimento do aumento das atividades voltadas para a agricultura, a silvicultura e a consolidação de áreas urbanas (UNESCO, 2002).

No âmbito das unidades de conservação instituídas, as glebas da Floresta Nacional (FLONA) de Brasília são compostas basicamente pelo uso agropecuário na gleba localizada à oeste da Bacia, e por plantações de *pinus* e eucaliptos, remanescentes do PROFLORA, onde estão gradativamente sendo estabelecidas manchas de cerrado pela deterioração das plantações; enquanto a Reserva Biológica (REBIO) do Descoberto não apresenta uma vegetação nativa densa, sendo utilizada em grande parte para o uso agropecuário (UNESCO, 2002). Em relação ao Parque estadual do Descoberto, têm-se fortes pressões devido ao acelerado crescimento de Águas Lindas de Goiás.

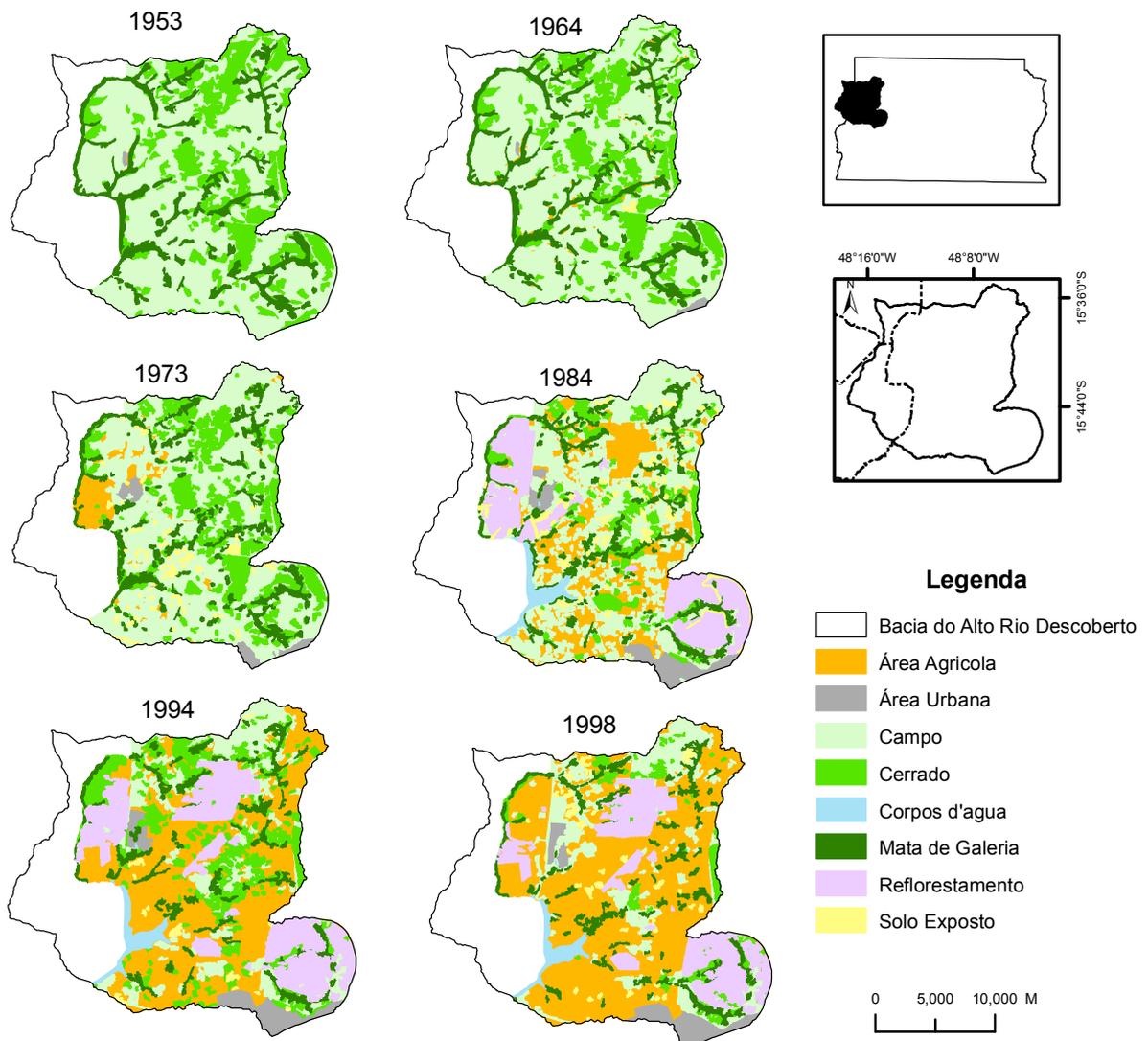


Figura 7. Histórico do uso e ocupação da Bacia do Alto Rio Descoberto no DF. Autor: Juliana Faria Nunes/Fonte: UNESCO, 2002.

Desde 1992 a Bacia do Alto Rio Descoberto apresentava um uso agrícola pronunciado de aproximadamente 36 km², classe temática de maior extensão; e uma área denominada sem ocupação

definida de aproximadamente 28 km², evidenciando a tendência de uma bacia predominantemente agrícola com possibilidade de expansão em direção a essas áreas sem ocupação definida. As sub-bacias da Bacia do Alto Rio Descoberto Capão Comprido e Olária apresentavam como principal uso atividades de horticultura e fruticultura, além da criação de pequenos animais, ocupando 75% de sua área. As sub-bacias do Rio Descoberto e Ribeirão Rodeador apresentavam destacada atividade agrícola, além de terras denominadas sem ocupação definida, que não apresentavam uso aparente, porém consideradas suscetíveis a invasões e a ocupação. A sub-bacia Ribeirão das Pedras tinha como principal uso a prática de silvicultura assim como áreas sem ocupação definida, enquanto a sub-bacia Ribeirão Chapadinha apresentava atividades predominantemente urbana (Ferreira et al., 1992)

A elevada aptidão agrícola da região conduz a bacia a uma pressão por meio da expansão da ocupação humana. Cerca de 80,5% das terras da Bacia do Alto Rio Descoberto na porção do DF são aptas para lavouras anuais, havendo variações na aptidão de acordo com o nível tecnológico empregado no estabelecimento, evidenciando o potencial da região para fins agrícolas. Dentro do ponto de vista agrícola, cerca de 69% das áreas das microbacias do Barroco, Bucanhão e Capão da Onça da Bacia do Alto Rio Descoberto estão com o uso abaixo dos seus potenciais agrícolas enquanto cerca de 7% estão com uso acima do que o definido pelo estudo de aptidão dos solos. Tal análise evidencia as possíveis pressões para a expansão e intensificação da utilização dessas terras em detrimento das áreas mantidas para conservação, comprometendo a sustentabilidade da bacia (Chaves et al., 2010; Spera et al., 2003).

Em 2002, 89,42% das terras da Bacia do Alto Rio Descoberto dentro do limite do DF apresentavam níveis de susceptibilidade à erosão, variando entre médio e muito alto. A prática rudimentar da agricultura, sem manejo adequado e adoção de práticas conservacionistas das terras de lavoura comprometem a utilização adequada das mesmas. As bacias hidrográficas podem ter perdas significativas do solo conforme estudos de sedimentologia realizados nas unidades hidrográficas do Capão Comprido e Chapadinha na Bacia do Alto Rio Descoberto. A unidade hidrográfica Capão Comprido, tipicamente agrícola, apresentou uma maior concentração média dos sedimentos que a unidade hidrográfica Chapadinha, tipicamente urbana. Em 2004, aproximadamente 86% dos loteamento rurais entrevistados da porção do DF da Bacia do Alto Rio Descoberto eram utilizados para agricultura e horticultura, sendo que nem todos adotavam práticas conservacionistas e os que adotavam, faziam uso de práticas menos eficazes e de mais baixo custo no controle de erosão: plantio em nível, rotação de cultura e adubação verde (Bicalho, 2006; Macedo, 2004).

Essas tendências expansionistas observadas em outros estudos foram corroboradas em análises mais recentes de classificação do uso e ocupação do solo por meio de classificações automatizadas de imagens de satélite. Os resultados obtidos mostraram poucos fragmentos de vegetação nativa na região da bacia e um acentuado desenvolvimento da agricultura, tanto próximo aos cursos d'água, quanto no interior da bacia (Nunes, 2011; De souza et al., 2009).

Além das análises de uso e ocupação do solo, demais estudos relacionados ao monitoramento

dos corpos d'água por meio de dados de sedimentologia e qualidade da água são relevantes. . Em 1992, as unidades hidrográficas da Bacia do Alto Rio Descoberto com predominância agrícola, Olária e Capão Comprido, apresentaram um alto valor de carga por unidade de área de fósforo e nitrogênio, quando comparadas com áreas de vegetação natural na literatura e com a unidade hidrográfica predominantemente urbana, Chapadinha, devido às ligações clandestinas de esgoto e presença de fossas sépticas. Tendo em vista que esses altos valores desses nutrientes podem causar eutrofização dos corpos d'águas, gerando um desequilíbrio ecológico e uma perda na qualidade da água, são necessárias medidas mitigadoras para melhoria do ecossistema presente na região (Ferreira et al., 1992).

Em 2002, foi observado a partir dos dados de qualidade de água disponibilizados pela CAESB, que levam em consideração cor, turbidez, amônia, ferro total, cloreto, demanda química de oxigênio, potencial hidrogeniônico e coliformes totais, uma piora da qualidade da água da Bacia na época da chuva, alterando de muito boa para boa. Essa alteração evidencia os impactos do uso e ocupação do solo na qualidade da água, pois na época de chuva é quando ocorre os processos erosivos e quando os compostos químicos presentes no solo são lixiviados (Macedo, 2004).

Dessa forma, os estudos realizados mostram as tendências da expansão da ocupação antrópica na Bacia do Alto Rio Descoberto, que em alguns aspectos vão de encontro às políticas instituídas no âmbito das unidades de conservação, além de evidenciar alguns impactos referente à esse uso e ocupação do solo. Considerando a dimensão e as consequências dos impactos dessas atividades, é necessário um planejamento territorial adequado, a fim de delimitar áreas para cada uso baseado nos possíveis impactos gerados e de promover práticas mitigadoras a serem adotadas em áreas já estabelecidas.

2.2. Planejamento e Gestão dos Recursos hídricos

Explicação acerca da importância, planejamento e gestão dos recursos hídricos, das instruções normativas relacionadas, assim como a situação de tal recurso e os usos realizados no Distrito Federal e na Bacia do Alto Rio Descoberto.

2.2.1. Importância, planejamento e gestão dos recursos hídricos

Os recursos hídricos são essenciais para a vida, não somente pela sua função biogeoquímica desempenhada nos organismos dos seres vivos, como também pelo seu papel como insumo e/ou corpo depurador do processo produtivo de diversas mercadorias dos diferentes segmentos da indústria. Apesar de 75% do globo terrestre ser composto por água, apenas 1% da água disponível, que são as águas doces contidas em rios, lagos e reservatórios, pode ser utilizada para o consumo humano e demais atividades dependentes desse recurso. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil possui um nível de disponibilidade hídrica per capita anual bem satisfatório, sendo considerado acima dos valores estimados para diversos países; porém a distribuição espacial de tal recurso no

território brasileiro é desigual: cerca de 80% desse recurso está restrito a região hidrográfica Amazônica, onde a demanda de uso para tal recurso é menor devido às atividades desenvolvidas e à reduzida população local (Brasil, 2012a; Cardoso & Cordeiro Netto, 2000).

Além da questão da distribuição espacial dos recursos, que é um fator limitante para o desenvolvimento de diversas atividades no País em áreas com menor disponibilidade hídrica, a qualidade dos recursos é outro fator relevante, pois a utilização dos recursos hídricos está diretamente relacionada à qualidade dos mesmos. Em áreas de escassez hídrica, por exemplo, a obtenção de um recurso inadequado para o consumo humano e dessedentação de animais não aumenta efetivamente a disponibilidade hídrica tendo em vista que a água disponível não possui as qualidades necessárias para seu uso mais prioritário.

A qualidade da água está relacionada ao manejo e uso do solo das bacias hidrográficas, pois os efluentes domésticos e industriais, assim como os deflúvios superficiais urbano e agrícolas são fontes poluidoras dos rios e reservatórios de água. Os dejetos industriais são complexos e possuem diversos compostos químicos provenientes do processo de produção que variam de acordo com o material confeccionado, podendo ter grandes quantidades de metais pesados. Os efluentes domésticos são ricos em matéria orgânica, que sem o tratamento adequado, podem afetar o equilíbrio do ecossistema aquático causando eutrofização e diminuição do oxigênio dissolvido. A utilização de inseticidas, fertilizantes e herbicidas além da compactação dos solos e dos processos mecanizados utilizados na agricultura são responsáveis pela contaminação das águas superficiais e subterrâneas e pela intensificação do assoreamento. O sistema de confinamento de animais, como a criação de gados, aves e suínos também são responsáveis pela contaminação das águas, sendo a suinocultura o que apresenta o maior risco de contaminação devido aos dejetos ricos em nitrogênio e fósforo lançados nos solos e nos recursos hídricos sem tratamento (Jordão, Da Silva, & Brune, 1999; Merten & Minella, 2002).

Tendo em vista a importância de tal recurso para a atual e futuras gerações, é essencial que se tenha um planejamento e gerenciamento dos recursos hídricos, visando assegurar a disponibilidade hídrica para a população, assim como a qualidade de tal recurso, que é fator limitante para a destinação das águas. Nesse sentido, foi instituída em 1997 a **Política Nacional de Recursos Hídricos** (Lei 9.433/1997) que tem como principal objetivo a utilização racional e integrada dos recursos hídricos, assegurando a disponibilidade hídrica e prevenindo contra eventos hidrológicos extremos, sendo baseada no uso múltiplo das águas e nos fundamentos de que tal recurso é limitado, de domínio público e dotado de valor econômico. Tal política evidencia em suas diretrizes a necessidade da integração da gestão dos recursos hídricos com o uso e ocupação do solo, com a gestão ambiental, e com as demandas sociais e econômicas do País.

O **Plano de Recursos Hídricos** é um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos e atua como um plano diretor no que tange a utilização das águas, sendo previsto em três níveis: nacional, estadual e no âmbito da bacia hidrográfica. Tal instrumento tem relacionamento direto com o ordenamento territorial tendo em vista que possui em seu escopo o diagnóstico atual dos mananciais,

bem como uma projeção das demandas futuras no âmbito dos recursos hídricos. Essas informações são obtidos a partir das análises realizadas de crescimento demográfico, das atividades desenvolvidas e das modificações do uso e ocupação do solo.

A partir das análises realizadas no âmbito do Plano de Recursos Hídricos são definidas as atividades prioritárias para outorga de direitos de uso de recursos hídricos na bacia hidrográfica. A outorga é necessária quando a utilização dos recursos hídricos altera o regime, qualidade ou quantidade do recurso em um reservatório, como para a captação de água para abastecimento urbano e industrial e utilização do corpo d'água como depurador de efluentes além de também ser necessário nos casos de aproveitamento hidrelétrico. Dessa forma, a outorga depende das prioridades de uso definidas no plano da bacia e do enquadramento do corpo d'água, estabelecido de acordo com a qualidade da água conforme previsto na resolução CONAMA n° 357 de 17 de março de 2005.

A referida resolução define classes de enquadramento para as águas doces, as águas salinas e as águas salobras assim como os usos adequados para cada classe e os padrões mínimos a serem seguidos. Os corpos d'água de águas doces podem ser classificados em classe especial, classe 1, classe 2 ou classe 3; sendo a classe especial a classe de melhor qualidade podendo ser destinada ao consumo humano após desinfecção e a classe 3 a classe de pior qualidade podendo ser destinada somente à navegação tendo em vista que essa classe permite a presença de materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, e que o oxigênio dissolvido seja superior somente a 2 mg/L, enquanto na classe especial tal parâmetro deve ser acima de 6mg/L.

Considerando esses critérios, cada corpo d'água deve ser enquadrado nas respectivas classes de acordo com o uso preponderante mais restritivo da bacia hidrográfica, devendo atender aos parâmetros das características físico-químicas determinadas por tal resolução de acordo com a classe determinada, visando a utilização adequada de tal recurso (art.38, §1º da resolução CONAMA 357/2005). No entanto, apesar de haver uma determinação legal de estabelecimento de metas de melhoria da qualidade da água caso as condições atuais dos corpos d'água não atendam às atividades mais restritivas desenvolvidas na bacia (art. 38, § 2º da resolução CONAMA 357/2005), se não houver uma gestão integrada dos recursos hídricos com o uso e ocupação do solo assim como um monitoramento adequado dos corpos d'água, a tendência é que esses recursos tenham uma diminuição de suas características físico-químicas e, portanto, da qualidade da água devido aos impactos gerados.

Com o intuito de mitigar tal situação, deve haver uma intensa fiscalização para que os recursos não tenham seus parâmetros de qualidade inferiores aos estipulados para os usos da bacia, além de um planejamento adequado do uso dos solos juntamente com as outorgas concedidas, assim como uma determinação legal de recuperação de corpos d'água mais degradados (classe 3 e 4), mesmo que não haja um uso restritivo determinante de tal qualidade na bacia, devido a conectividade dos recursos hídricos e conseqüentemente da contaminação dos recursos a jusante.

Levando em consideração o planejamento e gestão dos recursos hídricos, a Política Nacional de Recursos Hídricos adota a bacia hidrográfica como unidade de planejamento. Nesse sentido, o

conceito atual de bacias hidrográficas abrange mais do que somente os aspectos hidrológicos, envolvendo as características biofísicas da região, como o relevo, a biodiversidade e os solos, como também aspectos socioeconômicos; além de considerar que tais fatores da área de drenagem influenciam nos recursos hídricos. Dessa forma, a utilização da bacia hidrográfica como unidade de planejamento tem sido cada vez mais difundido (Schiavetti & Camargo, 2002).

No âmbito de coordenação da gestão dos recursos hídricos foi criado o **Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos** (SINGERH), contemplando os Conselhos Nacional e Estaduais e do Distrito Federal de Recursos hídricos, o Comitê das Bacias hidrográficas e as Agências de Água, que atuam como secretaria executiva dos respectivos comitês das bacias hidrográficas. Tais comitês atuam na primeira instância administrativa nos conflitos ligados aos recursos hídricos e estão ligados a um conselho estadual/distrital ou nacional que atuam em última instância administrativa, tais instituições do SINGERH são responsáveis pela aprovação e acompanhamento da execução do Plano de Recursos Hídricos das respectivas esferas de sua competência.

Os **Comitês de Bacias Hidrográficas** (CBH) são constituídos por representantes da União, Estados, Distrito Federal e Municípios que estejam abrangidos pela área da bacia, usuários dos recursos hídricos e representantes da sociedade civil, que aprova e executa o documento norteador do planejamento, o Plano de Recursos Hídricos da bacia. Tendo em vista a complexidade dos fatores e da quantidade de entes envolvidos na gestão de bacias hidrográficas, uma das grandes dificuldades desse planejamento e gestão é analisar integradamente todos os fatores pertinentes a sustentabilidade da bacia, sejam esses fatores endógenos ou exógenos.

Atualmente, todos os estados e o Distrito Federal possuem um plano de recursos hídricos e seus respectivos conselhos de recursos hídricos, exceto o estado de Acre. No âmbito dos comitês de bacias hidrográficas, o CBH do rio Paranaíba e seu plano de recursos hídricos foi instituído, onde a Bacia do Alto Rio Descoberto está inserida. Tal plano contém a caracterização da bacia, a disponibilidade hídrica, definição de cenários e a proposta de enquadramento dos corpos d' água superficiais. Nesse documento é definido como uso preponderante da bacia do rio Descoberto o abastecimento para consumo humano, a recreação de contato primário e a irrigação. A porção a montante do reservatório da referida bacia foi classificada como classe 1 na proposta de enquadramento devido as usos preponderantes observados, tendo como principais fontes poluidoras citadas a poluição difusa proveniente da agropecuária, o lançamento de efluentes domésticos de Águas Lindas e mineração (ANA, 2012).

Além desse comitê encontra-se no âmbito da bacia hidrográfica do rio Paranaíba o CBH do Paranoá que engloba as sub-bacias do rio Paraná na região do Distrito Federal, a saber, a bacia do rio Paranoá, bacia do rio São Bartolomeu, bacia do rio Descoberto, bacia do rio São Marcos e bacia do rio Corumbá. No entanto, a adoção da divisão geopolítica do Distrito Federal na delimitação da área de gestão desse comitê foge da definição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento pois existem áreas de drenagem desses rios principais que não estão englobadas em sua totalidade no

território distrital, como é o caso da bacia do rio Descoberto. Dessa forma, tais divisões na gestão de bacias hidrográficas podem gerar entraves tendo em vista que uma mesma bacia poderia ser gerida por mais de um comitê apesar de todos estarem subordinados ao CBH do rio Paranaíba.

Não obstante, cada ente federado possui sua competência acerca do assunto como ocorre por exemplo no caso de bacias interestaduais em que os rios principais que normalmente passam por dois ou mais estados são de competência da união porém seus tributários são de competência dos estados caso passem por dois ou mais municípios ou de competência municipal no caso de passar por somente um município. Nesse sentido uma mesma bacia hidrográfica pode haver outorga de recursos hídricos autorizada por diferentes órgãos de diferentes esferas dependendo do recurso hídrico que está sendo outorgado. Portanto, apesar da Lei das águas definir a bacia hidrográfica como unidade de planejamento a própria jurisdição dos entes federados dificulta tal execução, devendo haver uma integração entre os entes e os órgãos envolvidos na gestão dos recursos hídricos de uma bacia hidrográfica para que se obtenha a utilização adequada de tais recursos.

2.2.2. Situação dos recursos hídricos no Distrito Federal e na Bacia do Alto Rio Descoberto

Atualmente, a maioria dos corpos d'água de água doce do País estão enquadrados na classe 2 da resolução CONAMA 357/2005. Análises realizadas para o ano de 2010 pela Agência Nacional de Águas (ANA) demonstrou a frequência com que os corpos d'água dessa classe estiveram com seus parâmetros de coliformes termotolerantes, fósforo total, oxigênio dissolvido, demanda biogeoquímica de oxigênio (DBO), turbidez e ph em desconformidade com a legislação. Os resultados mais preocupantes foram os relacionados a quantidade de coliformes termotolerantes, de fósforo e a quantidade de oxigênio dissolvido, sendo que mais da metade das amostras apresentaram valores de coliformes acima do permitido e 40% das amostras apresentaram valores acima do permitido em relação ao fósforo total, evidenciando os problemas relacionados ao crescimento desordenado e a falta de saneamento básico no País. Além disso, 30% das amostras obtiveram taxas menores que 5mg/L de oxigênio dissolvido comprometendo a vida aquática e o equilíbrio dos ecossistemas (Brasil, 2012a).

Além das consequências observadas nos recursos hídricos devido ao uso e ocupação desordenado do solo, houve um aumento da vazão de retirada entre o período de 2000 a 2010 principalmente na Bacia do Rio Paranaíba (região hidrográfica do Rio Paraná) onde a Bacia do Alto Rio Descoberto está inserida. As maiores demandas por uso consuntivo, ou seja, uso dos recursos hídricos sem o retorno do recurso ao curso d'água em 2010 foram a irrigação (54%) seguido do abastecimento urbano (22%) e industrial (17%). Cerca de 31% das demandas são provenientes da região hidrográfica do Paraná, apresentando nessa região a mesma tendência de distribuição das demandas de uso consuntivos observada para o País conforme explicitado (Brasil, 2012a).

De acordo com o balanço realizado pela ANA em 2012, a região da Rede Integrada do Distrito Federal e Entorno (RIDE) está entre as áreas mais críticas da região hidrográfica do Paraná em relação a capacidade de assimilação de cargas de esgoto doméstico pelos corpos d'água, que tem

como limite máximo o DBO de 5mg/L estipulado pela legislação para a classe 2 (balanço qualitativo), e em relação as demandas consuntivas versus a disponibilidade hídrica dos rios (balanço quantitativo). O Distrito Federal abrange sete unidades hidrográficas, a do Rio Descoberto, a do Rio Maranhão, a do Rio São Bartolomeu, a do Rio Preto, a do Corumbá, a de São Marcos e a do Paranoá (Figura 8); e, apesar dessas bacias estarem inseridas em grandes bacias hidrográficas, a saber, Bacia do Rio Paraná, do Rio Tocantins e do Rio São Francisco, o DF está situado em uma região de cabeceiras de rios, e portanto, não possui um grande volume de água. Devido a essa peculiaridade, tal ente federado apresenta uma área de grande importância e sensibilidade ambiental no âmbito da manutenção de tais bacias hidrográficas (Brasil, 2012a; Christofidis, 2003).

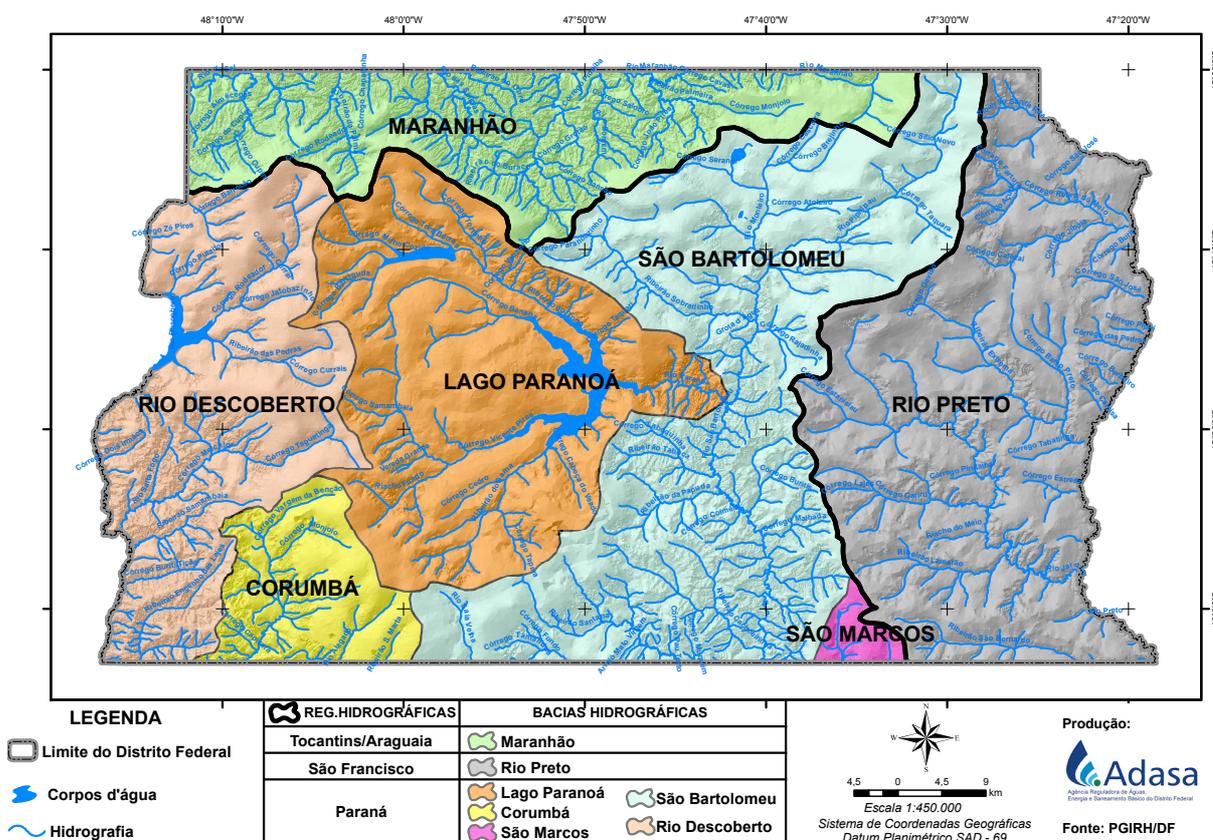


Figura 8. Mapa hidrográfico do Distrito Federal (ADASA, 2013).

Atualmente, o Distrito Federal possui cinco sistemas de captação de água, denominados Descoberto, Torto-Santa Maria, Sobradinho-Planaltina, Brazlândia e São Sebastião. Dentre esses sistemas, o reservatório do lago do Descoberto é responsável pela maior parte do abastecimento do DF. Além desse importante reservatório, a Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB) também realiza captações na Bacia do Paranoá, sendo o lago de Santa Maria/Torto inserido no Parque Nacional de Brasília um ponto importante de captação (Figura 9). De modo complementar a esses sistemas produtores encontra-se também os pontos de captação na Bacia do Rio Maranhão e da Bacia do São Bartolomeu que abastece principalmente Planaltina, onde encontra-se o Rio Pípiripau que sofre com conflitos do uso múltiplo das águas entre a CAESB e os agricultores devido a limitada disponibilidade do recurso na época de estiagem. Não obstante, de acordo com a Casa Civil, além

desses sistemas está em execução desde 2012 um projeto para construção de um sistema de captação em Corumbá que está previsto para ser finalizado em 2014 (CAESB, 2013a; Christofidis, 2003; Sallas, 2002).

Os mananciais de superfície dos sistemas de abastecimento do DF sofrem com diversos conflitos seja em relação aos diferentes usos dos recursos hídricos e/ou em relação a discordância do uso e ocupação do solo com a destinação desses recursos. Além desses conflitos referentes a qualidade e disponibilidade desses recursos, as áreas de influência dos reservatórios de Santa Maria/Torto e do Descoberto não estão completamente englobadas dentro dos limites das unidades de conservação instituídas para a região, gerando conflitos no uso e ocupação do solo entre áreas que deveriam ter sido destinadas à conservação e/ou ter um controle mais rigoroso do seu uso sendo ocupadas por atividades capazes de causar danos a tais mananciais (Christofidis, 2003).

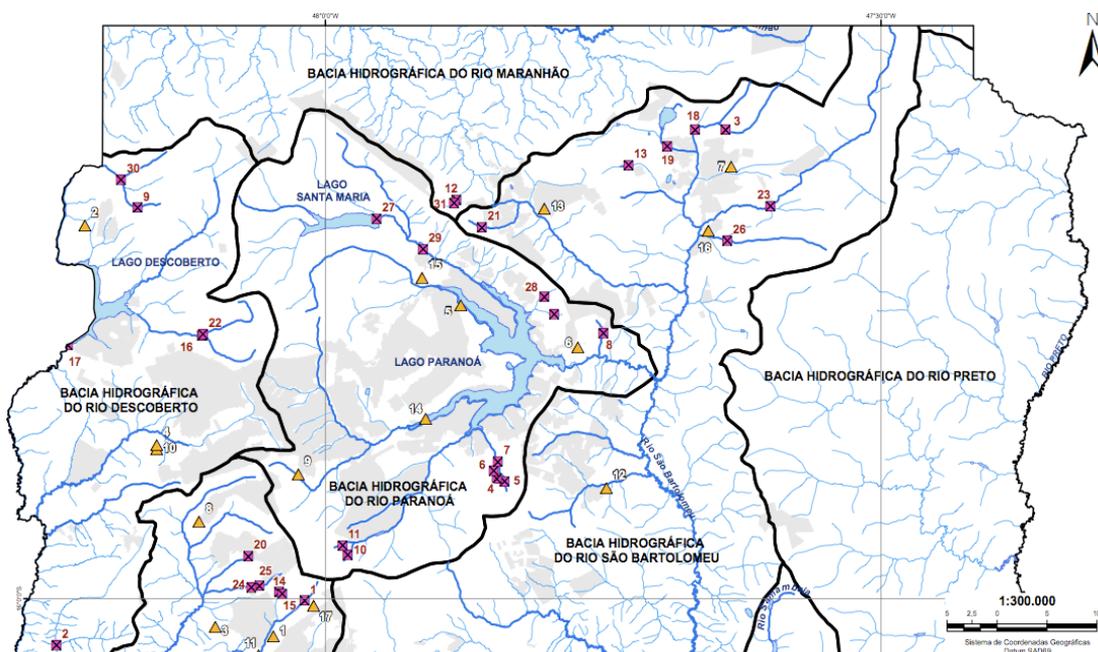


Figura 9. Pontos de captação superficial da CAESB (quadrados rosas) e estações de esgoto (triângulos laranjas), em cinza as áreas urbanas (ADASA, 2013).

Dentre os conflitos pelo uso da água, pode-se destacar a bacia do Paranoá que apresenta dificuldades relacionadas ao uso múltiplo das águas devido a utilização do lago Paranoá como corpo depurador de esgotos domésticos com ligações clandestinas de esgotos e a utilização para outras atividades que são desenvolvidas, a saber, geração de energia elétrica, pesca profissional, lazer e esportes náuticos. Outra bacia que sofre com conflitos pelo uso da água é a bacia do Rio Preto que é caracterizada pelo uso intensivo de atividade agropecuária com sistemas de irrigação de grande porte, tais atividades estão próximas do limite de suporte para irrigação, sendo que em alguns pontos da bacia tal limite já foi ultrapassado (Ferreira & Araujo Neto, 2003).

A bacia do Descoberto também tem grandes potenciais para tais conflitos tendo em vista a importância do reservatório do Descoberto para o abastecimento do DF e a vocação agrícola da bacia com crescente expansão das áreas antropizadas. A grande expansão da cidade de Águas Lindas de

Goiás contribui para o agravamento dos conflitos devido a ausência de sistema de esgoto sanitário e de abastecimento de água. Tais atividades estão diretamente relacionadas com a qualidade da água observada em tal bacia, podendo os impactos dos usos serem observados tanto no assoreamento do reservatório, quanto nos custos necessários para o tratamento de água para consumo humano (Ferreira & Araujo Neto, 2003).

Além dos conflitos de uso múltiplo das águas, a Bacia do Alto Rio Descoberto sofre com impactos do uso e ocupação do solo como erosão, assoreamento do reservatório, contaminação da água e perda da qualidade da mesma conforme explicitado no capítulo de uso de ocupação do solo. Atualmente, o sistema de captação do Descoberto apresenta um índice de qualidade de água (IQA) igual a 76, sendo enquadrado na classe boa, estando acima somente das classes denominadas imprópria, imprópria para tratamento convencional e aceitável. Tal índice leva em consideração oito parâmetros: cor, turbidez, ferro, amônia, cloreto, coliformes totais e demanda química de oxigênio (CAESB, 2013b).

Tendo em vista que a Bacia do Alto Rio Descoberto apresenta cinco pontos de captação de água, sendo um deles a do lago do Descoberto com expressiva influência na capacidade total de abastecimento do DF é imprescindível o planejamento adequado do uso e ocupação do solo tendo em vista os impactos das atividades desempenhadas sobre os recursos hídricos. Tal ordenamento é essencial para que o sistema do Descoberto não tenha uma perda do IQA e atinja o nível crítico de ser considerado impróprio em relação a qualidade da água. Além da influência direta do uso e ocupação do solo no lago do Alto do Descoberto, tais atividades também possuem impacto indireto nas bacias a jusante onde o Rio do Descoberto deságua, como é o caso da Bacia do Corumbá que está em fase de execução para se tornar o próximo ponto de captação de água do DF.

2.3. Sistemas de Informações Geográficas

Levantamento dos avanços no âmbito da utilização de Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) em análises voltadas para a gestão dos recursos e ordenamento do solo e a contextualização e descrição do modelo LUCIS.

2.3.1. Os Sistemas de Informações Geográficas e sua utilização

Os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs) permitem a múltipla análise de diferentes dados temáticos acerca de um determinado assunto. Tal ferramenta permite a integração de dados provenientes de diferentes áreas da ciência como as do sensoriamento remoto, da cartografia, da biologia, das ciências sociais, entre outras, a fim de que se obtenha a representação do mundo real. Dessa forma, é possível através da espacialização desses dados realizar relacionamentos entre os dados existentes, além de ser possível gerar novos dados a partir dos dados pré existentes, permitindo uma manipulação mais acessível de tais dados pelo fato de possuírem como característica o formato digital.

Juntamente com os avanços na área tecnológica, as modificações da concepção dos estudos ambientais no século XX vieram ao encontro de tal ferramenta a partir da necessidade da espacialização dos dados levantados a fim de analisar a distribuição espacial e sua dinâmica culminando com as análises de ecologia da paisagem. Tal necessidade surgiu a partir dos modelos e teorias da natureza que foram desenvolvidos acarretando em uma análise integrada por meio do mapeamento, georreferenciamento e qualificação dos dados (Mattos & Miranda, 1997).

Nesse sentido, os SIGs que inicialmente eram utilizados para automação da cartografia tradicional passaram a ser utilizados em análises integradas de dados, como na análise ambiental da situação atual de uma determinada região, por exemplo, assim como na geração de cenários futuros. Dessa forma, o gerenciamento e manejo atual de bacias hidrográficas tende à utilização de tal ferramenta nos estudos e pesquisas desenvolvidos ao longo dos anos visando a integração e associação de dados provenientes de diversas fontes da gestão territorial, assim como, o planejamento territorial como um todo por ter como característica a necessidade de análise concomitante de diversos fatores (Mattos & Miranda, 1997; Schiavetti & Camargo, 2002).

Trabalhos voltados para análise da aplicação da legislação ambiental brasileira como no caso de conflitos de uso e ocupação do solo em áreas de preservação permanentes (APP) são realizados atualmente por meio de SIG, desde a geração do mapa de uso e ocupação do solo por meio de interpretação de imagens de satélite até a análise propriamente dita de tais usos em áreas de APP. Em Istambul, o SIG também tem sido utilizado para análise integrada dos dados, como no caso do estudo dos fatores da expansão urbana na área de drenagem de bacias hidrográficas associado a dados de sensoriamento remoto com dados econômicos e de divisão geopolítica, possibilitando a determinação da dinâmica de uso e ocupação do solo da região e dos principais fatores envolvidos em tal expansão (Castro et al., 2009; Kucukmehmetoglu & Geymen, 2009).

Pesquisas no âmbito do planejamento ambiental evidenciam a importância da utilização do SIG como ferramenta de integração dos dados para apoiar a gestão por meio de uma análise multifuncional dos valores ecológicos, socioculturais e econômicos da região. Além dessa análise integrada dos dados, o SIG também pode ser utilizado em modelos para simulação de cenários, como por exemplo, no estudo realizado na Inglaterra para estimar a quantidade de gás carbônico emitido durante o transporte de cargas para as áreas de construção civil, visando a redução de emissão desse gás por meio de políticas a serem adotadas; como também pelo estudo realizado na Escócia que simula as áreas mais adequadas para implantação da aquicultura baseada em determinados critérios (Falconer et al, 2013; Groot, 2006; Zuo et al, 2013).

Estudos associando SIG com as tomadas de decisão realizadas pelos atores envolvidos no âmbito do planejamento por meio de uma abordagem baseada em múltiplos critérios têm sido realizados. Na Malásia, tal abordagem do SIG foi utilizada no planejamento da conservação ambiental para determinação de áreas prioritárias para conservação da floresta baseada nos dados georreferenciados e nos pesos dados a cada critério pelos atores envolvidos no processo de tomada de

decisão. Em Ruanda, tal análise espacial baseada em uma abordagem de múltiplos critérios foi utilizada visando o planejamento territorial do país, abordando as três principais categorias de uso e ocupação do solo, a saber, agricultura, urbano e conservação ao invés de somente um tema específico como o estudo realizado na Malásia (Phua & Minowa, 2005; Tims, 2009).

Portanto, o SIG apresenta grande potencial de aplicação em diversas áreas do conhecimento, como nas questões que necessitam de uma análise integrada dos dados espaciais, nas questões voltadas para o planejamento territorial e na simulação de cenários futuros para auxiliar nas tomadas de decisões e na implantação de determinadas políticas e empreendimentos.

2.3.2. O modelo LUCIS e o planejamento territorial

Os estudos desenvolvidos no âmbito dos modelos de análise das modificações do uso e ocupação do solo estão em constante dinamismo, havendo avanços na simulação de cenários futuros de ocupação e na análise das taxas de conversão entre os diferentes tipos de uso, como também no estudo dos fatores influenciadores de tais modificações observadas e sua modelagem; além disso também há avanço nas pesquisas de análises da influência do uso e ocupação no meio biofísico e vice-versa, utilizando o conceito cíclico ao invés de uma visão unidirecional. Tais modelos podem auxiliar nas questões voltadas para o ordenamento territorial e, conseqüentemente, no planejamento (Veldkamp & Lambin, 2001).

No âmbito do planejamento territorial, o SIG apresenta-se como uma poderosa ferramenta de análise e compreensão dos fatores envolvidos e de suas conseqüências no ordenamento do uso e ocupação do solo. Uma alta integração entre o SIG e os modelos dinâmicos permite uma maior operabilidade do modelo proposto, possibilitando uma construção mais rápida de modelos, das alterações e manipulação das etapas de tal modelo, assim como do controle dos parâmetros utilizados; além de minimizar problemas relacionados a conversões e adequação dos dados espaciais (Van Deursen, 1995).

Nesse sentido, foi desenvolvido na Universidade da Flórida um modelo baseado em Sistemas de Informações Geográficas denominado LUCIS, do inglês, Land-use Conflict Identification Strategy. Tal modelo permite a análise da adequação do uso em relação aos critérios estabelecidos, como por exemplo os fatores bióticos e abióticos ideais para utilização de uma área para determinada finalidade; assim como a análise das preferências dos tomadores de decisão e a análise dos conflitos existentes devido aos diversos interesses para uma mesma região. Dessa forma, é possível identificar a provável utilização de um determinado local e simular diferentes cenários baseados nas diretrizes adotadas (Carr & Zwick, 2007).

O LUCIS adota três grandes classes de uso e ocupação do solo, a saber, agricultura, conservação e urbano, tendo como base o trabalho desenvolvido por Eugene P. Odum (1969). Tal trabalho propôs a divisão do uso e ocupação do solo em quatro classes que possibilitariam por meio de simulações computacionais a análise sistemática de cada uma das categorias, permitindo dessa

forma a definição de medidas a serem tomadas para cada categoria no intuito de manter o equilíbrio regional e global. Nesse sentido, o LUCIS adaptou as quatro classes propostas por Odum nas três classes anteriormente mencionadas, possuindo como grande vantagem a visualização de diferentes cenários do uso e ocupação do solo modulados não somente pelos critérios de adequabilidade de uma área a determinado uso como também pelas tomadas de decisão e preferências da gestão adotada. Não obstante é obtido como resultado final a indicação de áreas de futuro conflito de uso, possibilitando uma análise mais cuidadosa na adoção de diferentes políticas no planejamento com vistas às implicações de curto e longo prazo.

Dessa forma, para alcançar tal objetivo o modelo é dividido em cinco etapas (Figura 10), a primeira consiste em identificar as metas necessárias para geração do mapa de preferência de cada uma das três classes propostas e seus objetivos para alcançar as metas propostas. Tais metas e objetivos são definidos e modelados de acordo com a análise a ser feita, sendo as metas compostas pela identificação das subclasses observadas na paisagem dentro das classes propostas e os objetivos, os critérios influenciadores de tais metas, podendo levar em consideração fatores biofísicos, sociais e econômicos; além de poder ter contribuição de pesquisas científicas, de observações empíricas da região e de dados provenientes dos atores envolvidos no processo de decisão no âmbito do ordenamento territorial. Nesse contexto, uma meta a ser definida dentro da classe conservação seria identificar as áreas de relevante interesse para a biodiversidade, tendo como um dos objetivos identificar as áreas de “hot spots” (Carr & Zwick, 2007).

A segunda etapa consiste no levantamento e análise dos dados relevantes para o alcance das metas e objetivos propostos na primeira etapa. A identificação dos dados potenciais podem ser agrupados em sete categorias de acordo com Ian McHarg (1969): dados do meio físico, dados biológicos, dados demográficos, dados econômicos, dados políticos, dados culturais e dados de infraestrutura. A utilização dessas categorias em uma matriz podem auxiliar no levantamento dos dados de cada objetivo proposto, permitindo um levantamento mais completo dos dados a serem utilizados no modelo. Além do levantamento dos dados, a análise da qualidade dos mesmos também se faz necessária pois a utilização de um dado obtido que não esteja adequado aos objetivos do modelo influenciariam negativamente nos resultados obtidos (Carr & Zwick, 2007).

A terceira etapa é a análise de adequação de cada um dos dados para o alcance das metas e objetivos ou subobjetivos. Nessa etapa os dados são processados e classificados de acordo com seu grau de influência para determinado objetivo ou subobjetivo e, conseqüentemente, para a meta estabelecida. Tal grau de influência varia de 1 a 9, sendo que o valor 1 representa baixa adequabilidade em relação ao objetivo e o valor 9 alta adequabilidade. Dessa forma, os dados são transformados em mapas de adequabilidade, sendo que o mapa proveniente de somente um dado espacial é denominado SUA, do inglês *Single Utility Assignment*, e o mapa proveniente de mais de um dado espacial denominado MUA, do inglês, *Multiple Utility Assignment* (Carr & Zwick, 2007).

Dessa forma, os dados que servirão como base para a geração do SUA ou MUA podem ser do tipo qualitativo ou quantitativo. Os dados quantitativos podem ser facilmente reclassificados para a escala de grau de influência proposta enquanto os dados qualitativos devem ser convertidos em dados quantitativos por meio de um método de conversão, sendo o método mais aceito o AHP, do inglês *Analytical Hierarchy Process*, desenvolvido por Saaty (1980). Tal método é baseado na comparação de pares das categorias existentes por meio de uma matriz, na qual são alocados valores de 1 a 9 na análise de cada par, sendo 1 definido como igualmente importante e 9 como extremamente importante, após tal definição o valor final para cada categoria dentro da escala proposta é definido. Dessa forma, os dados de entrada de acordo com a sua categorização são convertidos em um SUA, sendo que para agrupar diferentes SUA em um MUA também é adotado a metodologia AHP para definição dos pesos de cada SUA (Carr & Zwick, 2007).

A quarta etapa do modelo é a análise da preferência que consiste na combinação dos mapas de adequabilidade das metas propostas, composta por objetivos e subobjetivos, em um mapa de preferência para cada uma das três grandes classes propostas: urbano, agricultura e conservação. Cada uma das metas são constituídas de mapas de adequabilidade de diferentes critérios (objetivos e subobjetivos), para combinar essas metas em um único mapa de preferência é adotado o método AHP a fim de se definir os pesos de cada meta no mapa final de preferência de determinada classe. Dessa forma, a adequabilidade de cada um dos critérios estabelecidos para gerar os mapas das metas propostas são transformados em preferência pois tais decisões comparam diferentes subclasses que compõem a paisagem de uma das três grandes classes propostas, como por exemplo, entre áreas residenciais e áreas comerciais da classe área urbana (Carr & Zwick, 2007).

A quinta e última etapa consiste na análise dos conflitos entre as classes conservação, urbana e agricultura. Tal etapa consiste em normalizar e combinar os dados de preferência das três classes propostas em um único plano de informação para identificar as áreas de conflito que são caracterizadas por áreas com um mesmo nível de preferência para classes distintas. Nesse sentido, as áreas já consolidadas de áreas urbanas, agricultura e áreas de proteção ambiental devem ser retiradas do modelo tendo em vista que o uso nessas áreas não terão, a princípio, uma modificação. Dessa forma, é gerado um mapa final de conflitos, contendo áreas de diferentes intensidades de conflito, assim como áreas sem conflito, tendo como base as preferências e adequabilidades estabelecidas (Carr & Zwick, 2007).

Portanto, a partir da metodologia proposta tal modelo permite englobar diferentes critérios influenciadores do uso e ocupação. A análise baseada em múltiplos critérios permite que os atores envolvidos nas tomadas de decisão avaliem as prioridades de tais critérios, permitindo a compreensão da influência de cada decisão nas alterações no uso e ocupação por meio das simulações e modificações dos parâmetros propostos. Além das referidas análises realizadas ao longo do processo, o LUCIS possibilita como resultado final a análise das áreas de possível conflito de uso, indicando

tendências e possibilitando a formulação de políticas e diretrizes a fim de se traçar previamente o cenário estabelecido como ideal.

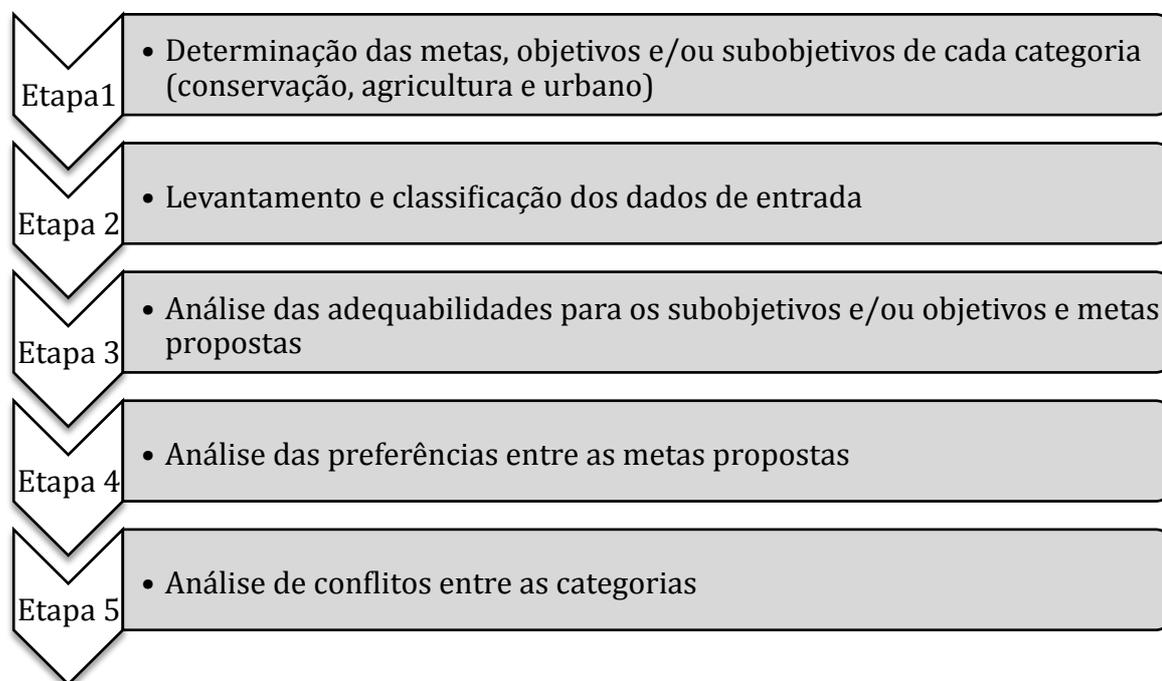


Figura 10. Fluxograma metodológico do modelo LUCIS.

3. Material e Métodos

Esse capítulo se refere a metodologia adotada nessa dissertação e aos dados utilizados para obtenção do objetivo proposto. Tendo em vista que essa dissertação se baseia no modelo LUCIS (Carr & Zwick, 2007), o material e métodos foi dividido de acordo com as cinco etapas do referido modelo explicitado no capítulo 2.

3.1. Definição das metas e objetivos

O modelo apresenta como principal intenção a análise de futuras áreas de conflito de uso a partir da definição das preferências determinantes para cada uma das três grandes classes de uso, a saber, conservação, urbano e agricultura. Tais preferências são alocadas por meio da definição de metas e objetivos, que são a base para um planejamento adequado do uso e ocupação do solo. Essas metas e objetivos compõem uma rede hierárquica na qual as metas são descritas como “o que se almeja” e os objetivos como “a forma para alcançar o que se almeja” (Carr & Zwick, 2007).

3.1.1. Conservação

Tendo em vista que o planejamento territorial deve permear não somente os anseios da sociedade, mas também as normas acerca de assuntos correlatos, torna-se necessário o estudo e análise das instruções normativas visando o estabelecimento dos objetivos e metas propostas. Nesse sentido, deve ser considerado na determinação de tais metas e objetivos da categoria conservação os princípios da prevenção e precaução norteadores do direito ambiental (Martins, 2008; Leuzinger & Cureau, 2008).

A legislação ambiental brasileira dispõe sobre a preservação do meio ambiente entendido como o conjunto dos fatores bióticos e abióticos e suas interações, tendo como principais instrumentos norteadores a Política Nacional de Meio Ambiente, o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), a Política Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e o Código Florestal. Esses instrumentos apresentam medidas de precaução e prevenção de possíveis danos ao meio ambiente por meio de diretrizes a fim de que se preserve a biodiversidade da fauna, da flora e dos ecossistemas, principalmente da água, fonte necessária a todos os seres vivos.

Nesse sentido, foram definidas duas metas para a classe conservação sob a intenção de identificar áreas adequadas para a conservação, a saber, identificar áreas adequadas para manutenção da biodiversidade e identificar áreas adequadas para a manutenção da qualidade da água. De acordo com a hierarquia lógica do modelo proposto foram definidos objetivos a fim de se alcançar cada uma das duas metas definidas (Tabela 1).

Tabela 1. Definição de metas e objetivos para Conservação.

Conservação	
Intenção	identificar áreas adequadas para conservação
meta 1	identificar áreas adequadas para manutenção da biodiversidade
objetivo 1.1	identificar as unidades de conservação existentes e proximidades
objetivo 1.2	identificar potenciais remanescentes de cerrado para biodiversidade
objetivo 1.3	identificar possíveis corredores ecológicos
meta 2	identificar áreas adequadas para proteção da qualidade da água
objetivo 2.1	identificar áreas de potencial recarga de aquíferos
objetivo 2.2	identificar áreas de preservação permanente
objetivo 2.3	identificar os cursos d' água e proximidades

O objetivo 1.1, identificar as unidades de conservação existentes e proximidades, agregando os conceitos definidos pelo Sistema Nacional de Unidades de Conservação de determinação de áreas específicas para conservação sob um sistema diferenciado de administração, denominadas Unidades de Conservação, assim como o conceito de zona de amortecimento que subentende-se o aumento de possíveis impactos negativos às Unidades de Conservação de acordo com a proximidade às mesmas (Brasil, 2000).

O objetivo 1.2, identificar potenciais remanescentes de cerrado para biodiversidade, remete à reabilitação dos processos ecológicos e à promoção da conservação da biodiversidade por meio de remanescentes de ecossistemas naturais ou seminaturais, conceito abrangido pelo definição de reserva legal contemplada no Código Florestal (art. 3º, inciso III da Lei 12.651/2012) e na Lei das Unidades de Conservação (art. 2º da Lei 9.985/2000). A potencialidade de cada fragmento para atingir o objetivo proposto abrange os conceitos de ecologia da paisagem por meio de análises dos fragmentos por meio de métricas que avaliem, por exemplo, o efeito de borda e o isolamento dos fragmentos (Périco et al., 2005).

O objetivo 1.3, identificar possíveis corredores ecológicos, permite a análise de conectores das Unidades de Conservação por meio dos fragmentos de ecossistemas naturais ou seminaturais do objetivo anterior. O conceito de corredores ecológicos definido no art. 2º, inciso XIX da Lei 9.985/2000 apresenta como intuito de facilitar a dispersão de espécies e possibilitar a colonização e recolonização de áreas fragmentadas está embasado na teoria de metapopulações, derivada da teoria de biogeografia de ilhas (Brasil, 2000; Rocha et al. 2007).

O objetivo 2.1, identificar áreas de potencial recarga de aquíferos, evidencia as áreas mais importantes para a recarga de aquíferos e, conseqüentemente, manutenção do ciclo da água. Tal definição dessas áreas é possível pela análise dos dados obtidos por meio da metodologia desenvolvida a partir da integração do mapa de disponibilidade hídrica, composto por dados de pedologia, cobertura vegetal e precipitação, e taxa de infiltração em função da declividade desenvolvido por Tatiana Gonçalves em sua dissertação de mestrado (Gonçalves et. al, 2009).

O objetivo 2.2, identificar áreas de preservação permanente, agrega o conceito propriamente dito de área de preservação permanente (APP) definido pelo Código Florestal, que define tais áreas como essenciais para manutenção de recursos hídricos e proteção do solo. Tais áreas englobam

ecossistemas sensíveis como manguezais, faixas de vegetação no entorno dos cursos d'água, áreas de declive considerável como encostas e bordas e tabuleiros além de topos de morro. Tendo em vista a paisagem e o bioma da área de estudo, as APPs passíveis de serem encontradas na região seriam as referentes aos topos de morro e às faixas no entorno dos cursos d'água superficiais, no entanto, conforme descrito posteriormente foi encontrado na Bacia somente às APPS associadas aos cursos d'água.

O objetivo 2.3, identificar os cursos d'água e proximidades, tem como finalidade identificar as áreas relevantes para manutenção dos recursos hídricos. Tendo em vista que a proximidade das ocupações antrópicas aos corpos d'água superficiais tendem a intensificar seu potencial poluidor, tais áreas devem ser levadas em consideração nas políticas de conservação adotadas. Conforme mencionado anteriormente, o Código Florestal define faixas de áreas de vegetação denominadas áreas de proteção permanente (APP) para tal finalidade, nesse sentido tal conceito foi incorporado na definição desse objetivo que consiste em definir a adequabilidade de faixas de áreas a partir da distância aos cursos d'água superficiais para a conservação (Brasil, 2012b; de Vito, 2007).

3.1.2. Agricultura

A Bacia do Alto Rio Descoberto apresenta como principal atividade agrícola da região o cultivo de hortifrutigranjeiros por agricultores familiares, possuindo também áreas de silvicultura de pinus e eucalipto e de monoculturas de grãos, como o cultivo de milho (Macedo, 2004; Nunes, 2011). Nesse sentido, foram inicialmente definidas três metas para cada grupo identificado, a saber, identificar áreas adequadas para agricultura familiar, identificar áreas adequadas para monocultura e identificar áreas adequadas para silvicultura.

Entretanto, ao analisar o sistema de produção das atividades agrícolas é possível segregá-las, segundo Caume (2009), em dois tipos de agricultura, a agricultura familiar e a agricultura patronal. A agricultura familiar é caracterizada pelo protagonismo da família no controle da produção e da execução das atividades agrícolas na propriedade, sendo que no Brasil predomina-se a agricultura familiar camponesa. O campesinato desenvolve sistemas produtivos tradicionais com pouca utilização de insumos externos e mão de obra predominantemente familiar em pequenas propriedades com a utilização do solo para diversos usos como a lavoura e a pastagem, podendo haver mais de um tipo de cultivo em uma mesma propriedade. A agricultura patronal não possui a unidade familiar como núcleo do sistema produtivo, estando voltada para o atendimento das tendências de mercado e é caracterizada pelo uso intensivo da produção com mão de obra assalariada, alto consumo de insumos externos e tecnologia e altos índices de produtividade (Caume, 2009; IBGE, 2006).

Nesse sentido, foram definidas duas metas para identificação de áreas adequadas para a agricultura, uma voltada para identificação de áreas adequadas para agricultura familiar e outra voltada para identificação de áreas adequadas para agricultura patronal que compreende a silvicultura e o monocultivo de grãos (Tabela 2). Cada uma das metas propostas com vistas à identificação das áreas

adequadas para a agricultura baseado nos sistemas produtivos da região de estudo foram subdivididas em dois objetivos, a saber, identificar áreas fisicamente adequadas e identificar áreas economicamente adequadas, com seus respectivos subobjetivos. Tal subdivisão foi baseada na proposta original do caso demonstrado pelo método LUCIS e adotada na estruturação dos objetivos para a área de estudo para que fosse possível a adequada comparação dos objetivos pelo método AHP.

Tabela 2. Definição de metas e objetivos para Agricultura.

Agricultura	
Intenção	identificar áreas adequadas para agricultura
meta 1	identificar áreas adequadas para agricultura familiar
objetivo 1.1	identificar áreas fisicamente adequadas para agricultura familiar
subobjetivo 1.1.1	identificar áreas com solos adequados
subobjetivo 1.1.2	identificar áreas com disponibilidade hídrica adequada
subobjetivo 1.2.3	identificar áreas com parcelamento adequado do solo
objetivo 1.2	identificar áreas economicamente adequadas para agricultura familiar
subobjetivo 1.2.1	identificar áreas próximas de agriculturas familiares existente
subobjetivo 1.2.2	identificar áreas próximas de áreas urbanas
subobjetivo 1.2.3	identificar áreas com valor monetário adequado
meta 2	identificar áreas adequadas para a agricultura patronal
objetivo 2.1	identificar áreas fisicamente adequadas para a agricultura patronal
subobjetivo 2.1.1	identificar áreas com solos adequados
subobjetivo 2.1.2	identificar áreas com disponibilidade hídrica adequada
subobjetivo 2.1.3	identificar áreas com a declividade mais adequada
subobjetivo 2.1.4	identificar áreas com parcelamento adequado do solo
objetivo 2.2	identificar áreas economicamente adequadas para a agricultura patronal
subobjetivo 2.2.1	identificar áreas próximas da agricultura patronal existente
subobjetivo 2.2.2	identificar áreas afastadas de áreas urbanas
subobjetivo 2.2.3	identificar áreas com valor monetário adequado
subobjetivo 2.2.4	identificar áreas próximas de estradas de grande porte

O objetivo 1.1, identificar áreas fisicamente adequadas para agricultura familiar, tem como definição a identificação dos parâmetros adequados para o desenvolvimento da agricultura familiar, englobando os subobjetivos 1.1.1, 1.1.2 e 1.2.3. O primeiro agrega os dados de pedologia e aptidão agrícola associados para tal finalidade baseado no estudo desenvolvido pela EMBRAPA (Spera et al., 2003). O segundo se baseia na capacidade de retenção dos solos e na precipitação média plurianual a fim de que se identifique áreas com disponibilidade de água mais adequada para as culturas (Gonçalves et al., 2009) enquanto o terceiro determina as regiões do território mais prováveis para desenvolvimento agrícola pelo sistema de agricultura familiar baseado nas dimensões físicas das propriedades.

O objetivo 1.2, identificar áreas economicamente adequadas para agricultura familiar, engloba os subobjetivos 1.2.1, 1.2.2 e 1.2.3 que remetem aos parâmetros econômicos de determinada área para o desenvolvimento adequado da agricultura familiar têm como objetivo captar as tendências de mercado para consolidação de tal atividade. Nesses subobjetivos estão agregados a proximidade de áreas urbanas como mecanismo de escoamento de produção, tendo em vista que são pequenos

agricultores que não teriam capacidade de escoamento de suas produções em longas distâncias, a proximidade com outras áreas destinadas à agricultura familiar devido ao zoneamento territorial e a adequabilidade das áreas atuais para o desenvolvimento de tal atividade, por fim a análise do valor monetário das propriedades pois a especulação imobiliária pode comprometer a destinação de tais terras para o uso agrícola. Entretanto esse último subobjetivo não foi concretizado devido a falta de planos de informação conforme descrito posteriormente neste capítulo.

O objetivo 2.1, identificar áreas fisicamente adequadas para agricultura patronal, possui definições similares ao objetivo 1.1 porém com a finalidade de identificar áreas voltadas para a agricultura patronal (monocultura e silvicultura). Ambos objetivos agregam subobjetivos para identificação de solos mais adequados para cada finalidade e para a identificação da disponibilidade hídrica conforme exposto anteriormente. No entanto, devido a mecanização para preparação do solo e colheita presentes na agricultura patronal espera-se que a declividade da região influencie na identificação de áreas adequadas para a monocultura de grãos e silvicultura (subobjetivo 2.1.3) conforme observado em outras regiões do país (Fink et al., 2007).

O objetivo 2.2, identificar áreas economicamente adequadas para agricultura patronal, engloba os parâmetros descritos no objetivo 1.2 porém apresentam disparidades devido às características dos usos de cada meta. Os subobjetivos para o desenvolvimento da agricultura patronal apresentam como parâmetro mais adequado uma maior distância aos centros urbanos (subobjetivo 2.2.2) devido às características do sistema patronal de produção que segue as tendências de cultivo ditadas pelo mercado e visa grandes lucros, normalmente com o uso agrícola intensivo em grandes propriedades. Tais empreendimentos não necessitam portanto de centros de consumo próximos pois devido a alta produtividade são múltiplas as fontes de consumo, necessitando porém de uma maior proximidade com estradas de grande porte e rodovias para tal propósito (subobjetivo 2.3.4). Assim como no objetivo 1.2, no objetivo 2.2 também é levado em consideração a proximidade com áreas destinadas para o mesmo uso tendo como base o zoneamento das atividades (subobjetivo 2.2.1) além do valor monetário das terras no meio rural que podem, de acordo com as tendências de mercado, impulsionar ou desmotivar o desenvolvimento de tal atividade.

3.1.3. Urbano

O zoneamento urbano consiste na segmentação de áreas de acordo com o tipo de uso e com a capacidade do meio físico, sendo a base do planejamento urbano no Brasil conforme observado nas políticas adotadas de ordenamento e planejamento territorial (Braga, 2001). Nesse sentido foram adotadas três zonas urbanas na Bacia do Alto Rio Descoberto como metas do modelo proposto, a saber, identificar áreas adequadas para o uso residencial, identificar áreas adequadas para o uso comercial e identificar áreas adequadas para uso industrial.

Assim como na estruturação de metas, objetivos e subobjetivos proposta para a identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura, a estruturação para identificação de áreas

adequadas para o desenvolvimento urbano se baseia na proposta original do LUCIS, subdividindo-se as metas em dois objetivos, um voltado para identificação de áreas fisicamente adequadas (objetivos 1.1, 2.1 e 3.1) e outro voltado para identificação de áreas economicamente adequadas (objetivos 1.2, 2.2 e 3.2) (Tabela 3).

Tabela 3. Definição de metas e objetivos para Urbano.

Urbano	
Intenção	identificar áreas adequadas para desenvolvimento urbano
meta 1	identificar áreas adequadas para o uso residencial
objetivo 1.1	identificar áreas fisicamente adequadas para uso residencial
subobjetivo 1.1.1	identificar áreas afastadas dos cursos d'água
subobjetivo 1.1.2	identificar áreas com declividade adequada
subobjetivo 1.1.3.	identificar áreas com qualidade do ar adequada
objetivo 1.2	identificar áreas economicamente adequadas para uso residencial
subobjetivo 1.2.1	identificar áreas com maior densidade de estradas e vias
subobjetivo 1.2.2	identificar áreas próximas de uso residencial existentes
subobjetivo 1.2.3	identificar áreas com grande densidade populacional
subobjetivo 1.2.4	identificar áreas com valor monetário adequado
meta 2	identificar áreas adequadas para o uso comercial
objetivo 2.1	identificar áreas fisicamente adequadas para uso comercial
subobjetivo 2.1.1	identificar áreas afastadas dos cursos d'água
subobjetivo 2.1.2	identificar áreas com declividade adequada
subobjetivo 2.1.3.	identificar áreas com qualidade do ar adequada
objetivo 2.2	identificar áreas economicamente adequadas para uso comercial
subobjetivo 2.2.1	identificar áreas próximas a estradas
subobjetivo 2.2.2	identificar áreas próximas a uso comercial existentes
subobjetivo 2.2.3	identificar áreas com grande densidade populacional
subobjetivo 2.2.4	identificar áreas com valor monetário adequado
meta 3	identificar áreas adequadas para uso industrial
objetivo 3.1	identificar áreas fisicamente adequadas para uso industrial
subobjetivo 3.1.1	identificar áreas afastadas dos cursos d'água
subobjetivo 3.1.2	identificar áreas com declividade adequada
objetivo 3.2	identificar áreas economicamente adequadas para uso industrial
subobjetivo 3.2.1	identificar áreas próximas a estradas de grande porte e rodovias
subobjetivo 3.2.2	identificar áreas próximas a uso industrial existentes
subobjetivo 3.2.3	identificar áreas com baixa densidade populacional
subobjetivo 3.2.4	identificar áreas com valor monetário adequado

Tendo em vista o conceito de qualidade de vida aplicado aos ambiente urbanos que englobam desde a qualidade da água, do ar e dos solos à densidade populacional, a disposição espacial e o acesso a serviços essenciais, foram definidos subobjetivos para a urbanização do território, seja para o uso residencial, comercial ou industrial. Nesse sentido foram definidos subobjetivos relacionados à qualidade do ar para o uso residencial (1.1.3) e para o uso comercial (2.1.3), tal parâmetro não foi estabelecido para o uso industrial tendo em vista o tipo de atividade desenvolvida; entretanto, tais subobjetivos não foram elaborados devido a falta de planos de informação conforme descrito posteriormente. Associado à conservação e à manutenção dos recursos hídricos, foram definidos os subobjetivos 1.1.1, 2.1.1 e 3.1.1 que identificam a adequabilidade das áreas para o desenvolvimento urbano em relação aos recursos hídricos, sendo as áreas mais afastadas mais adequadas para o desenvolvimento urbano devido ao menor potencial de desmatamento, erosão e poluição desse

recurso, integrando o conceito de APP incorporado pelo código florestal brasileiro. (Brasil, 2012b; Forattini, 1991).

Não obstante, a declividade do território influencia na disposição espacial do uso e ocupação do solo conforme observado na identificação de áreas adequadas para conservação e agricultura. Na identificação e áreas adequadas para o desenvolvimento urbano tal parâmetro foi elencado dentro dos objetivos de identificação de áreas fisicamente adequadas para o uso residencial (subobjetivo 1.1.2), comercial (subobjetivo 2.1.2) e industrial (subobjetivo 3.1.2) devido ao aumento da complexidade nas obras de engenharia, sendo mais evidenciada nos tipos de uso comercial e industrial.

O Plano Diretor do Distrito Federal (PDOT) define no art. 37 como diretrizes para a urbanização a ocupação de áreas contínuas a núcleos urbanos existentes e a estruturação ao longo das infraestruturas de conexão. Nesse sentido, entende-se como áreas adequadas para o desenvolvimento urbano regiões próximas aos centros urbanos atuais, devido à definição de ocupação de áreas contínuas e o zoneamento observados nos planos diretores. Dessa forma foram definidos subobjetivo que definem as áreas urbanas atuais de cada tipo de uso como adequadas e permite uma classificação das áreas subjacentes de acordo com a proximidade com áreas de uso residencial (subobjetivo 1.2.2), de área de uso comercial (subobjetivo 2.2.2) e de área de uso industrial (subobjetivo 3.2.2) (Brasil, 2009b).

O desenvolvimento de centro urbano do Distrito Federal e entorno se deu principalmente ao longo de três vetores de expansão espacial, a saber, a oeste pela BR070, a nordeste pela BR020 e a sudoeste pela BR060. Tal expansão ao longo das rodovias culminou na consolidação de um centro urbano e na origem do município de Águas Lindas do Goiás, anteriormente parte do município de Santo Antônio do Descoberto. Essa tendência foi evidenciada no PDOT e no plano diretor de Águas Lindas por meio da definição de diretrizes de urbanização ao longo das infraestruturas de conexão e de áreas de desenvolvimento econômico próximo à BR070, respectivamente (Brasil, 2009b; Governo Municipal, 2002; Lima, 2011).

Nesse sentido, foram definidos subobjetivos para o uso residencial (subobjetivo 1.2.1), comercial (subobjetivo 2.2.1) e industrial (subobjetivo 3.2.1) que contemplassem tal relação, havendo distinção na definição da adequabilidade de acordo com o tipo de uso urbano estabelecido. No caso das áreas destinadas para o uso industrial foi definido a adequabilidade próximas às rodovias e estradas de grande porte, observando a faixa de domínio *non aedificandi*, já nas áreas para fins comerciais foi definido a adequabilidade próximas às estradas, podendo essas ser de grande porte ou vicinais, devido às disposições espaciais normalmente encontradas de tais usos. Nas áreas voltadas para uso residencial foi definido como parâmetro a densidade de estradas, visto que áreas rurais em processo de urbanização são caracterizadas por um parcelamento do solo e conseqüentemente um aumento de estradas vicinais (Brasil, 2006c).

Além da relação com a estrutura viária, a expansão do Distrito Federal e entorno está relacionada ao aumento populacional da região que no período de 2000 a 2010 devido à migração

intensa teve um aumento da densidade demográfica, principalmente no município de Águas Lindas que teve ganho populacional de 50%. Aliado à essa tendência, a densidade demográfica é um dos parâmetros para a ocupação do solo urbano conforme descrito no Plano Diretor do Distrito Federal atualizado (art. 38), portanto, tal conceito foi incorporado no âmbito dos objetivos economicamente adequados para o desenvolvimento urbano, por meio da utilização dos dados do CENSO Demográfico IBGE, 2010. Dessa forma, as áreas mais populosas possuem maior adequabilidade para o desenvolvimento do uso residencial (subobjetivo 1.2.3) e comercial (subobjetivo 1.2.3); enquanto as áreas menos populosas possuem maior adequabilidade para a identificação de áreas de uso industrial (subobjetivo 3.2.3) (Brasil, 2009b; IBGE, 2011; Lima, 2011).

Considerando que as tendências de valorização ou desvalorização da propriedade influenciam na adequabilidade de determinada área para o uso residencial, comercial ou industrial, foi proposto a inclusão dos subobjetivos 1.2.4, 2.2.4 e 3.2.4 a fim de incorporar os valores de propriedade mais adequados para os tipos de uso definidos em cada uma das metas propostas. No entanto, tais subobjetivos não foram continuados conforme descrito posteriormente neste capítulo.

3.2. Levantamento dos dados

Conforme mencionado no capítulo 2, o modelo LUCIS adota como uma das etapas o enquadramento dos dados necessários para as análises referentes ao planejamento de determinado território em uma das sete classes descritas por Ian McHarg (McHarg, 1969). Dessa forma, os dados a serem levantados e utilizados nos subobjetivos e objetivos propostos podem ser classificados como dados do meio físico, os quais descrevem os solos, a hidrografia e outro fatores abióticos; dados biológicos, dados referentes a características biológicas como distribuição de espécies; dados demográficos, dados que se referem a população humana; dados econômicos, dados referentes ao custo, às tendências de mercado; dados políticos, dados que refletem as decisões políticas como delimitações de áreas para determinados fins específicos; dados culturais, dados que refletem a cultura local como uso e ocupação, sítios históricos; e dados de infraestrutura, dados que representam a distribuição da infraestrutura local como estradas (Carr & Zwick, 2007).

Nesse sentido, foi realizado um levantamento dos dados necessários para cada objetivo proposto e feita uma classificação dos dados conforme descrito acima a fim de se averiguar a relevância dos dados levantados e a completude dos mesmos. Os dados levantados para o alcance das metas propostas para identificação das áreas relevantes para conservação contemplam dados biológicos, do meio físico e políticos levando em consideração os fatores bióticos e abióticos dos ecossistemas, bem como normas pertinentes a tal tema (Tabela 4).

Tabela 4. Levantamento e classificação dos dados para conservação. Legenda: 1 – dados do meio físico, 2- dados biológicos, 3- dados demográficos, 4- dados econômicos, 5- dados políticos, 6- dados culturais, 7- dados de infraestrutura.

	1	2	3	4	5	6	7
Conservação							
meta 1							
objetivo 1.1					X		
objetivo 1.2		X					
objetivo 1.3	X	X					
meta 2							
objetivo 2.1	X						
objetivo 2.2					X		
objetivo 2.3	X				X		

Os dados referentes a identificação de áreas adequadas para a agricultura englobam, a priori, dados do meio físico, dados econômicos, dados culturais e dados de infraestrutura (Tabela 5). Os dados do meio físico se referem aos objetivos que necessitem de informações de hidrologia, solos e declividade da região; os dados econômicos se referem aos objetivos com informação sobre o valor monetário das propriedades rurais; os dados culturais levam em consideração os padrões atuais de uso e ocupação do solo e os dados de infraestrutura se referem às informações necessárias para a análise das densidades de rodovias na região.

Tabela 5. Levantamento e classificação dos dados para agricultura. Legenda: 1 – dados do meio físico, 2- dados biológicos, 3- dados demográficos, 4- dados econômicos, 5- dados políticos, 6- dados culturais, 7- dados de infraestrutura.

	1	2	3	4	5	6	7
Agricultura							
meta 1							
objetivo 1.1							
subobjetivo 1.1.1	X						
subobjetivo 1.1.2	X						
subobjetivo 1.1.2						X	
objetivo 1.2							
subobjetivo 1.2.1						X	
subobjetivo 1.2.2						X	
subobjetivo 1.2.3				X			
meta 2							
objetivo 2.1							
subobjetivo 2.1.1	X						
subobjetivo 2.1.2	X						
subobjetivo 2.1.3	X						
subobjetivo 2.1.4						X	
objetivo 2.2							
subobjetivo 2.2.1						X	
subobjetivo 2.2.2						X	
subobjetivo 2.2.3				X			
subobjetivo 2.2.4							X

O levantamento dos dados referente a intenção de identificar áreas adequadas para o desenvolvimento das áreas urbanas apresentou, a priori, dados do meio físico, dados demográficos, dados econômicos, dados culturais e dados de infraestrutura (Tabela 6). Os dados do meio físico correspondem às informações referentes à declividade, à hidrografia e à qualidade do ar; os dados demográficos correspondem à densidade populacional proveniente do CENSO Demográfico IBGE, 2010; os dados econômicos se referem aos valores monetários das propriedades urbanas; os dados

culturais permeiam as características dos padrões atuais de uso e ocupação do solo das áreas urbanas enquanto os dados de infraestrutura se referem à rede integrada de rodovias.

Tabela 6. Levantamento e classificação dos dados para urbano. Legenda: 1 – dados do meio físico, 2- dados biológicos, 3- dados demográficos, 4- dados econômicos, 5- dados políticos, 6- dados culturais, 7- dados de infraestrutura.

	1	2	3	4	5	6	7
Urbano							
meta 1							
objetivo 1.1							
subobjetivo 1.1.1	X						
subobjetivo 1.1.2	X						
subobjetivo 1.1.3	X						
objetivo 1.2							
subobjetivo 1.2.1							X
subobjetivo 1.2.2						X	
subobjetivo 1.2.3			X				
subobjetivo 1.2.4				X			
meta 2							
objetivo 2.1							
subobjetivo 2.1.1	X						
subobjetivo 2.1.2	X						
subobjetivo 2.1.3	X						
objetivo 2.2							
subobjetivo 2.2.1							X
subobjetivo 2.2.2						X	
subobjetivo 2.2.3			X				
subobjetivo 2.2.4				X			
meta 3							
objetivo 3.1							
subobjetivo 3.1.1	X						
subobjetivo 3.1.2	X						
objetivo 3.2							
subobjetivo 3.2.1							X
subobjetivo 3.2.2						X	
subobjetivo 3.2.3			X				
subobjetivo 3.2.4				X			

3.3. Análise das adequabilidades

A terceira etapa do modelo LUCIS consiste na transformação dos dados de entrada, constituídos de planos de informação vetoriais ou matriciais, em planos de informação de adequabilidade do tipo matricial, no formato *grid*, de acordo com os objetivos ou subobjetivos de cada uma das metas de conservação, de agricultura e urbano do modelo proposto nas etapas anteriores. Em todos os procedimentos adotados foi utilizado o *software* ArcGis® 10.1.

Dessa forma, foi alocado para cada célula um valor entre 1 e 9, sendo 1 áreas com pouca relevância para o objeto em análise e 9 áreas com muita relevância para o objeto em análise. A definição dessa adequabilidade é baseado no conhecimento e obtida por meio de grupos de trabalho para cada categoria de uso, que pode envolver diversos atores (Carr & Zwick, 2007). No entanto, não foi possível durante a execução do trabalho formar esses grupos de trabalho, sendo tais adequabilidades alocadas por meio da análise dos dados e do que estava disposto na literatura.

3.3.1. Conservação

Conforme detalhado nas etapas anteriores as áreas adequadas para a conservação foram divididas em duas metas com três objetivos cada. Cada objetivo proposto deve ser convertido em um plano de informação de adequabilidade, um *Single Utility Assignment* (SUA), que posteriormente será utilizado na geração de um único plano de informação de adequabilidade para cada meta, um *Multiple Utility Assignment* (MUA) por meio do método denominado *Analytical Hierarchy Process* (AHP) desenvolvido por Saaty (1980).

A primeira meta consiste no MUA (Multiple Utility Assignment) de áreas adequadas para a biodiversidade composta por três SUAs (Single Utility Assignment): identificar áreas próximas as Unidades de conservação (objetivo 1.1), identificar potenciais remanescentes de cerrado (objetivo 1.2) e identificar possíveis corredores ecológicos (objetivo 1.3) que foram elaborados conforme metodologia descrita a seguir (Figura 11).

O SUA do objetivo 1.1, identificar as unidades de conservação existentes e proximidades, foi realizado utilizando-se como dado de entrada os dados de Unidades de Conservação (UCs) abrangidas pela Bacia do Alto Rio Descoberto disponibilizados no site do ICMBio – Instituto Chico Mendes da Biodiversidade e Florestas e no site do MMA - Ministério do Meio Ambiente. Para tal finalidade foram considerados os polígonos das UCs abrangidas em parte ou em todo pela Bacia devido ao efeito de borda. Esse dado foi convertido em um SUA por meio do cálculo da distância euclidiana e da reclassificação dos dados obtidos em valores de 1 a 9. Essas classes foram criadas utilizando o método de classificação de quebras naturais (jenks natural breaks) que define as classes de forma a diminuir a variância dentro de uma mesma classe e maximizar tal variância entre classes distintas. Dessa forma a classe com menor distância às unidades de conservação foram alocadas com valor 9, sendo as demais classes alocadas com valores decrescentes até o valor 1. Ao analisar estatisticamente os dados, as classes de 9 a 5 compreendem dados com até uma vez o desvio padrão dos dados observados enquanto as classes de 4 a 1 compreendem dados com até três vezes o desvio padrão.

O SUA do objetivo 1.2, identificar potenciais remanescentes de cerrado para biodiversidade, iniciou-se com a vetorização de remanescentes de cerrado na Bacia do Alto Rio Descoberto por meio da interpretação de imagem Rapideye® com 5m de resolução espacial do ano de 2011. Tendo em vista as funções ecológicas, os fragmentos de remanescentes dentro de propriedades rurais também foram mapeados por não apresentarem um uso consolidado ou apresentarem um uso sem conversão de cobertura, podendo ser alvos de desapropriação na criação de novas unidades de conservação, servirem de corredor ecológico ou serem alvo de pagamento por serviços ambientais.

Baseado em que a biodiversidade de certas espécies estão ligadas às características dos fragmentos remanescentes de vegetação natural, foram realizadas análises das métricas desses fragmentos visando a classificação de adequabilidade de cada fragmento para conservação da biodiversidade, sendo que os índices com maior importância são os de área, de forma e de área central

dos fragmentos (Herrmann et al., 2005). A área está relacionada à capacidade de retenção de espécies e nutrientes enquanto o perímetro está relacionado ao tamanho da borda dos fragmentos, pontos de conexão com a matriz circundante podendo gerar fragilidades aos fragmentos e modificações na dinâmica e estrutura das populações (Lima-ribeiro, 2008).

Nesse sentido, foram calculados a área, o perímetro e a razão área/perímetro (RAP) dos fragmentos, sendo utilizado como parâmetro de análise dos fragmentos o RAP. Quanto maior a razão área/perímetro, mais adequado o fragmento é para a conservação da biodiversidade tendo em vista que tratam-se de grandes fragmentos com alta relação interior/borda. A matriz circundante dos fragmentos apresentam pouca adequabilidade à conservação da biodiversidade por apresentarem usos diversos porém as áreas próximas aos fragmentos devem ser levados em consideração devido aos efeitos de borda.

Os polígonos dos fragmentos remanescentes foram transformados em um plano de informação matricial baseado no valor de RAP e posteriormente reclassificados utilizando o método de quebras naturais nas classes de adequabilidade de 4 a 9, sendo o valor 9 os fragmentos que possuem maior adequabilidade para manutenção da biodiversidade. As classes de 1 a 3 foram alocadas para a matriz circundante baseada na distância euclidiana dos polígonos e posteriormente reclassificada, sendo o valor 3 as áreas mais próximas aos fragmentos, e portanto, mais suscetíveis a interferências nesses fragmentos. Dessa forma foram gerados dois planos de informação no formato *grid*, um para os fragmentos e um para a matriz circundante que foram unidos utilizando a ferramenta *mosaic to new raster*, gerando o SUA de adequabilidade dos fragmentos remanescentes.

O SUA do objetivo 1.3, identificação de corredores ecológicos, tem como objetivo definir os melhores caminhos para conectar as unidades de conservação existentes na bacia. Dessa forma, foi adotado como metodologia a geração de um mapa de custo gerado a partir da soma ponderada dos dados de entrada de declividade e uso e ocupação do solo utilizando a ferramenta *weighted overlay*, seguido do cálculo da distância e da direção à fonte mais próxima utilizando o mapa de custo por meio do *cost distance* e da definição do caminho de menor custo pelo *shortest path* conforme observado na literatura (Ferrari et al., 2012; Nunes et al., 2005), tendo como base as definições observadas em resolução CONAMA n° 09 de 24 de outubro de 1996.

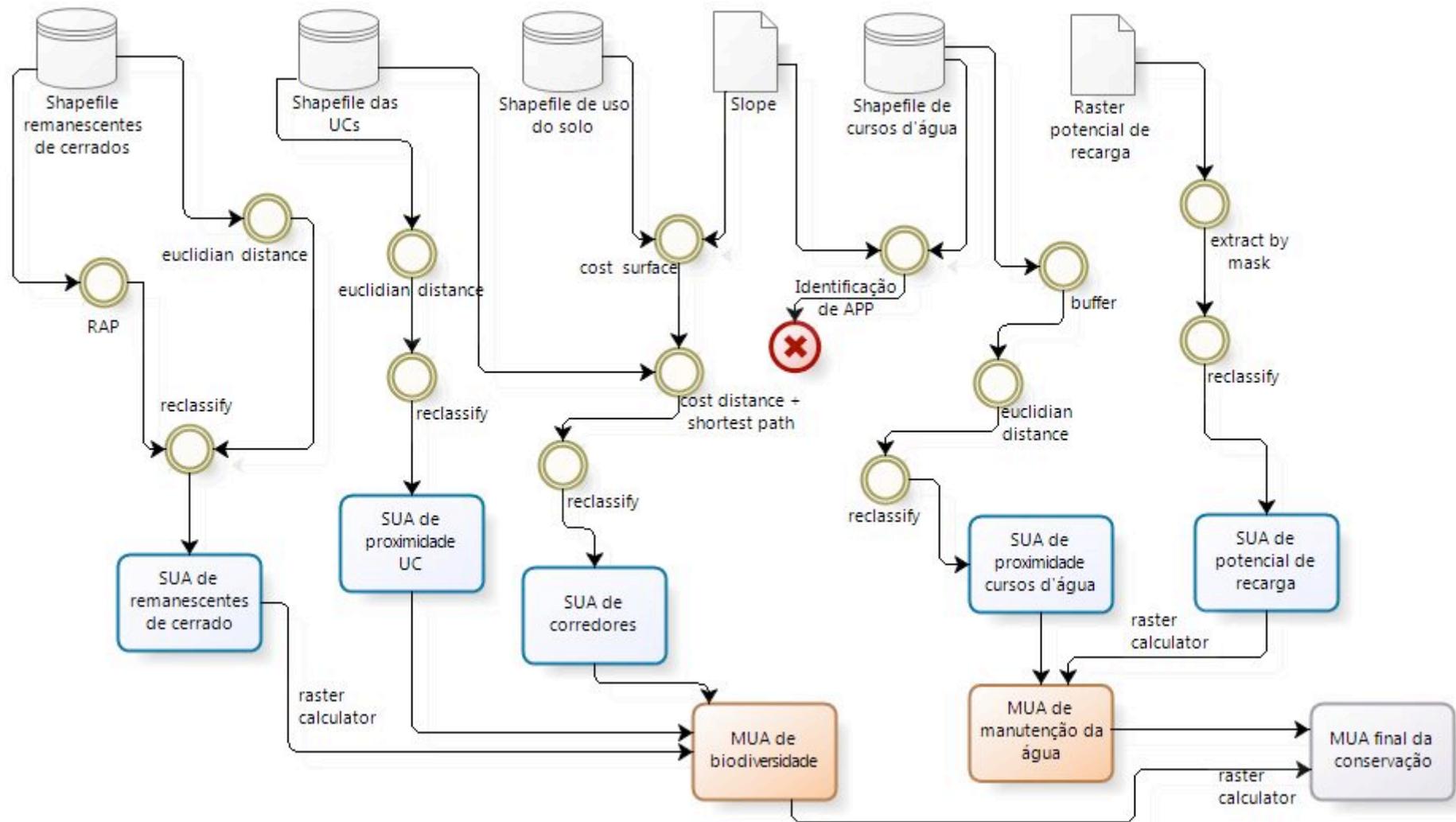


Figura 11. Fluxograma metodológico das áreas adequadas à Conservação.

De acordo com tal resolução, os corredores ecológicos são constituídos pelas matas ciliares e faixas marginais definidas por lei e por faixas de vegetação existentes que permitam a ligação de remanescentes, sendo que a sua largura deve ser de 10% do seu comprimento total com mínimo de 100 metros. Nesse sentido, a bacia foi classificada em relação ao seu uso e ocupação do solo em agricultura, urbano, remanescentes de vegetação (campo e savana) e matas de galeria e ciliar para posteriormente serem reclassificados de acordo com a sua adequabilidade em compor um corredor ecológico, utilizando uma escala variando de 1 a 100. Como as matas de galeria e ciliar são as que apresentam menor custo para passagem de um corredor ecológico foi alocado valor 1, seguido dos remanescente de vegetação que foi alocado o valor 5, para as áreas urbanas foi alocado valor 100 e para as áreas rurais, como agricultura familiar, o valor 50.

Os dados de declividade foram obtidos a partir dos dados do SRTM (*shuttle radar topography mission*) por meio da ferramenta *slope*. Tal dado foi reclassificado nas classes definidas pelo manual de pedologia do IBGE e alocado um valor de adequabilidade variando de 1 a 100, como as áreas com declividade menos acentuadas são as que oferecem menor custo para a passagem de fauna foi alocado o valor 1 para a classe com até 3% de declividade (plano), valor 5 para a classe de 3 a 8% (suave ondulado), valor 25 para a classe de 8 a 20% (ondulado), valor 50 para classe de 20 a 45% (forte ondulado) e valor 75 para classe de 45 a 75% (montanhoso) (IBGE, 2007).

Os dados de adequabilidade referentes ao uso e à declividade foram somados em único plano de informação matricial, sendo que os dados de uso tiveram um peso maior (0,70) que os dados de declividade (0,30) tendo em vista que o tipo de uso e ocupação do solo é moderadamente mais importante que a declividade da região no estabelecimento de corredores ecológicos. A partir desse dado foi calculado o *cost distance* para as três fontes selecionadas devido a distância com os demais polígonos, a saber, dois polígonos da FLONA de Brasília (polígonos E e D) e o polígono do Parque Nacional de Brasília, parcialmente abrangido pela Bacia (polígono F) (Figura 12).

Após essa etapa foram gerados os caminhos com menos custo das fontes selecionadas para os demais polígonos pela ferramenta *shortest path*. Como resultado obteve-se mais de dez possíveis caminhos entre os seis fragmentos das unidades de conservação, sendo levado em consideração cada polígono individualizado. No entanto, foram selecionados somente três caminhos que permitiam a adequada conexão entre todos os polígonos das unidades de conservação e que apresentavam menor comprimento, conectando os fragmentos D e C, E e A e os fragmentos E e F, não havendo necessidade de corredores entre os fragmentos A e C e entre os fragmentos B e C devido à conectividade presente.

Esses caminhos foram transformados em corredores utilizando como padrão para o *buffer* as determinações da resolução CONAMA (Figura 12). Após a elaboração dos corredores ecológicos, foi feita a conversão do plano de informação vetorial em matricial, sendo alocado valor de adequabilidade 9 para os corredores ecológicos e 1 para as demais áreas da bacia, gerando dessa forma o SUA do objetivo 1.3.

Os três SUAs descritos foram então transformados em um único plano de informação matricial por meio de uma soma ponderada realizada na ferramenta *raster calculator*, originando o MUA da primeira meta do modelo para identificar áreas adequadas à conservação. Os pesos utilizados para cada SUA na soma ponderada foram definidos por meio do método AHP, elaborado no *software* Excell®, que consiste na comparação em pares dos objetivos propostos em uma escala única variando de igualmente importante a extremamente mais importante. Após a definição da matriz de comparação, os dados são normalizados dividindo-se os valores alocados pela soma da coluna em que se encontram, posteriormente é feita a média dos valores normalizados para cada objetivo a fim de se obter os pesos de cada SUA a ser utilizado (Figura 13). No caso da meta para identificar áreas para manutenção da biodiversidade foi definido que os três objetivos eram igualmente importantes para tal meta, pois o primeiro leva em consideração as unidades de conservação existentes e a manutenção dessas, enquanto o segundo considera os fragmentos atuais de vegetação remanescente existentes e o último utiliza as informações dos primeiros objetivos para a definir os conectores entre as unidades de conservação existentes.

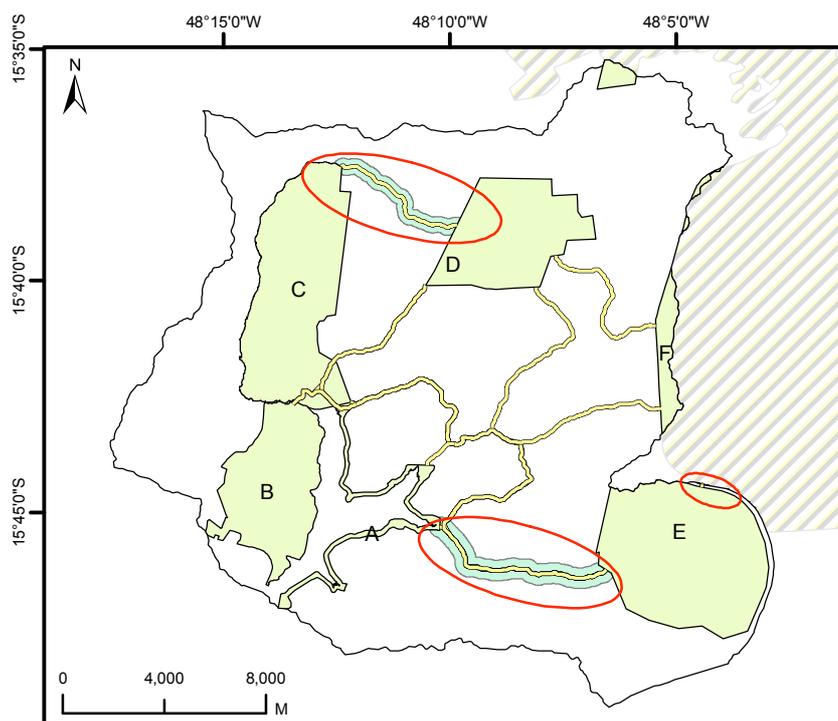


Figura 12. Corredores ecológicos. Em amarelo: todos os caminhos gerados; círculos vermelhos: corredores selecionados. A: REBIO do Descoberto; B: Parque estadual do Descoberto; C, D e E: FLONA de Brasília e F: Parque Nacional de Brasília.

A segunda meta consiste no MUA de áreas adequadas para a conservação da qualidade da água composta inicialmente por três SUAs: identificar áreas de potencial de recarga de aquíferos (objetivo 2.1), identificar áreas de preservação permanente (objetivo 2.2) e identificar áreas próximas aos cursos d'água (objetivo 2.3) que foram elaborados conforme metodologia descrita a seguir (Figura 11). O SUA do objetivo 2.2 não foi finalizado e integrado ao longo do processo de construção do modelo, pois não foram encontrados na Bacia do Alto Rio Descoberto áreas de preservação

permanente (APP) relacionados à declividade da região, como áreas de encosta com declividade superior a 45° e topos de morro com declividade superior a 25° e altura mínima de 100m, conforme previsto no código florestal vigente. A aferição de tal dado foi realizada utilizando um modelo digital de elevação invertido para localizar os topos e base dos morros da região para posterior cruzamento com a declividade da região (Oliveira & Filho, 2013). Dessa forma, restou somente as APPs relacionadas aos cursos d'água que se sobrepujam com o SUA do objetivo 2.3.

O SUA do objetivo 2.1 foi elaborado a partir da reclassificação do plano de informação de potencial de recarga de aquíferos gerado para o Distrito Federal em 2009. Tal mapa foi gerado utilizando-se dados de pedologia associados aos dados de cobertura vegetal por meio do método de curva-número para obter o mapa de capacidade de retenção máxima de água dos solos, sendo posteriormente integrados aos dados de precipitação e taxa de infiltração em função da declividade (Gonçalves et al., 2009). Dessa forma, o dado de entrada foi reclassificado utilizando-se o método de classificação de quebras naturais devido à distribuição não uniforme dos dados. Nesse sentido, as classes com menor valor de potencial de recarga compreendem as classes com valor de 1 a 4, sendo os valores alocados de forma crescente até o valor 9 compreendendo os dados de maior valor de potencial de recarga. Tendo em vista que o dado de entrada não possuía valores para a região do estado de Goiás, foi alocado o valor 1 para essa região.

O SUA do objetivo 2.3 foi construído a partir da delimitação dos cursos d'água perenes e intermitentes existentes na bacia que são os passíveis de APP de acordo com o código florestal. A vetorização de tais cursos d'água foi realizada na escala 1:25.000 utilizando uma imagem com 5m de resolução espacial, posteriormente foi realizado o buffer para cada tipo de APP: reservatório rural (125m), reservatório urbano (30m) e rios (50m) (Brasil, 1988, 2012b; CONAMA, 2002). Tal dado foi então convertido em um SUA por meio do cálculo da distância euclidiana e posterior reclassificação. Devido à tendência observada nos dados foi utilizado primeiramente o método quantile que permitiu uma maior segmentação dos dados agrupados. No entanto, para respeitar os valores de APP previamente estabelecidos a primeira classe foi alterada para conter somente a região do buffer. Dessa forma, a classe com menor distância foi alocada o valor "9" sendo as demais classes classificadas de forma decrescente até o valor "1".

Após a elaboração dos SUAs dos objetivos 2.1 e 2.3, tais planos de informação foram utilizados como dado de entrada da fórmula de soma ponderada para gerar o MUA contendo as informações de adequabilidade para manutenção da água conforme descrito na meta anterior. Nesse caso, foi definido que o SUA de identificação de potencial áreas de recarga de aquíferos (objetivo 2.1) é moderadamente menos importante que o SUA de proximidade dos cursos d'água (objetivo 2.3) pois os dados de entrada do objetivo 2.1 estavam incompletos para a região da bacia e pela relação direta entre os cursos d'água e os diferentes tipos de aquíferos (Figura 13).

AHP da meta de conservação da biodiversidade

		j			
i		objetivo 1.1	objetivo 1.2	objetivo 1.3	pesos finais
	objetivo 1.1	1,00	1,00	1,00	0,33
	objetivo 1.2	1,00	1,00	1,00	0,33
	objetivo 1.3	1,00	1,00	1,00	0,33
soma		3,00	3,00	3,00	1,00

AHP da meta de manutenção da água

		j		
i		objetivo 2.1	objetivo 2.2	pesos finais
	objetivo 2.1	1,00	3,00	0,75
	objetivo 2.2	0,33	1,00	0,25
soma		1,33	4,00	1,00

Escala de comparação

9	"i" é extremamente mais importante que "j"
8	"i" é muito fortemente a extremamente mais importante que "j"
7	"i" é muito fortemente mais importante que "j"
6	"i" é fortemente a muito fortemente mais importante que "j"
5	"i" é fortemente mais importante que "j"
4	"i" é moderadamente a fortemente mais importante que "j"
3	"i" é moderadamente mais importante que "j"
2	"i" é igualmente a moderadamente mais importante que "j"
1	"i" é igualmente importante a "j"

Figura 13. AHP de definição dos pesos de cada SUA de conservação elaborado.

3.2.1. Agricultura

Com o objetivo de definir as áreas adequadas para a agricultura foram definidas duas metas devido às características físicas e socioeconômicas das atividades rurais desenvolvidas na região. Uma voltada para os pequenos agricultores, caracterizados por mão de obra braçal com pouco desenvolvimento tecnológico e grande diversificação do uso e culturas em uma mesma propriedade; enquanto a outra é voltada para os grandes produtores, com mão de obra mecanizada, utilização de insumos externos e cultivo de somente uma espécie.

Baseado nas características físicas e socioeconômicas foram definidos subobjetivos que refletissem os parâmetros de adequabilidade para o desenvolvimentos das atividades agrárias observadas. Cada subobjetivo é portanto um SUA (*Single Utility Assignment*) no escopo do modelo, sendo integrados posteriormente pelo método AHP em um MUA (*Multiple Utility Assignment*) para compor os objetivos e, posteriormente, as metas da agricultura propostos anteriormente nesse capítulo (Figura 14).

Os SUAs dos subobjetivos 1.1.1 e 2.1.1 (adequabilidade dos solos) foram elaborados a partir do mapa de solos da APA do Descoberto elaborado pela Universidade de Brasília derivado do mapa de solos realizado pela EMBRAPA na mesma região na escala 1:100.000 (Reatto et al., 2003). As classes de solos foram utilizadas para alocar os valores de aptidão agrícola para cada solo tendo como referência a classificação de Ramalho e Beek (1995) adotada no trabalho de aptidão agrícola dos solos da bacia desenvolvido pela EMBRAPA (Spera et al., 2003). Após a classificação da aptidão agrícola dos solos obtida dos estudos citados, foi feita a conversão para a escala de 1 a 9 de adequabilidade do modelo LUCIS pelo método AHP, as áreas da bacia que estavam fora da delimitação da APA e portanto não apresentavam dados foram alocados o valor 1.

O sistema de classificação de aptidão agrícola referenciado adota três níveis de manejo representados pelas letras A, B e C, sendo a letra “A” designada para níveis de manejo primitivo, a letra “B” para níveis de manejo pouco desenvolvidos e a letra “C” para níveis de manejo desenvolvidos, enquanto são designadas as letras “N”, “P” e “S” para pastagem natural, pastagem plantada e silvicultura, sendo que a pastagem natural corresponde ao nível tecnológico “A” e a pastagem plantada e silvicultura ao nível tecnológico “B”. Além do nível de manejo, também é adotado uma classificação da terra para usos mais ou menos intensivos (grupo de aptidão), que varia de 1 a 6, sendo as áreas com menores valores voltadas para uso mais intensivos por apresentarem menos limitações. Dessa forma, os algarismo de 1 a 3 representam a utilização para lavoura, enquanto os algarismos 4, 5 e 6 representam pastagem plantada, pastagem natural ou silvicultura e preservação da flora e fauna, respectivamente. A última marcação define a classe de aptidão entre boa, regular e restrita de um solo levando em consideração as limitações encontradas, o nível de manejo e o grupo de aptidão, sendo representada por grafias diferentes das letras do nível de manejo (Ramalho Filho & Beek, 1995).

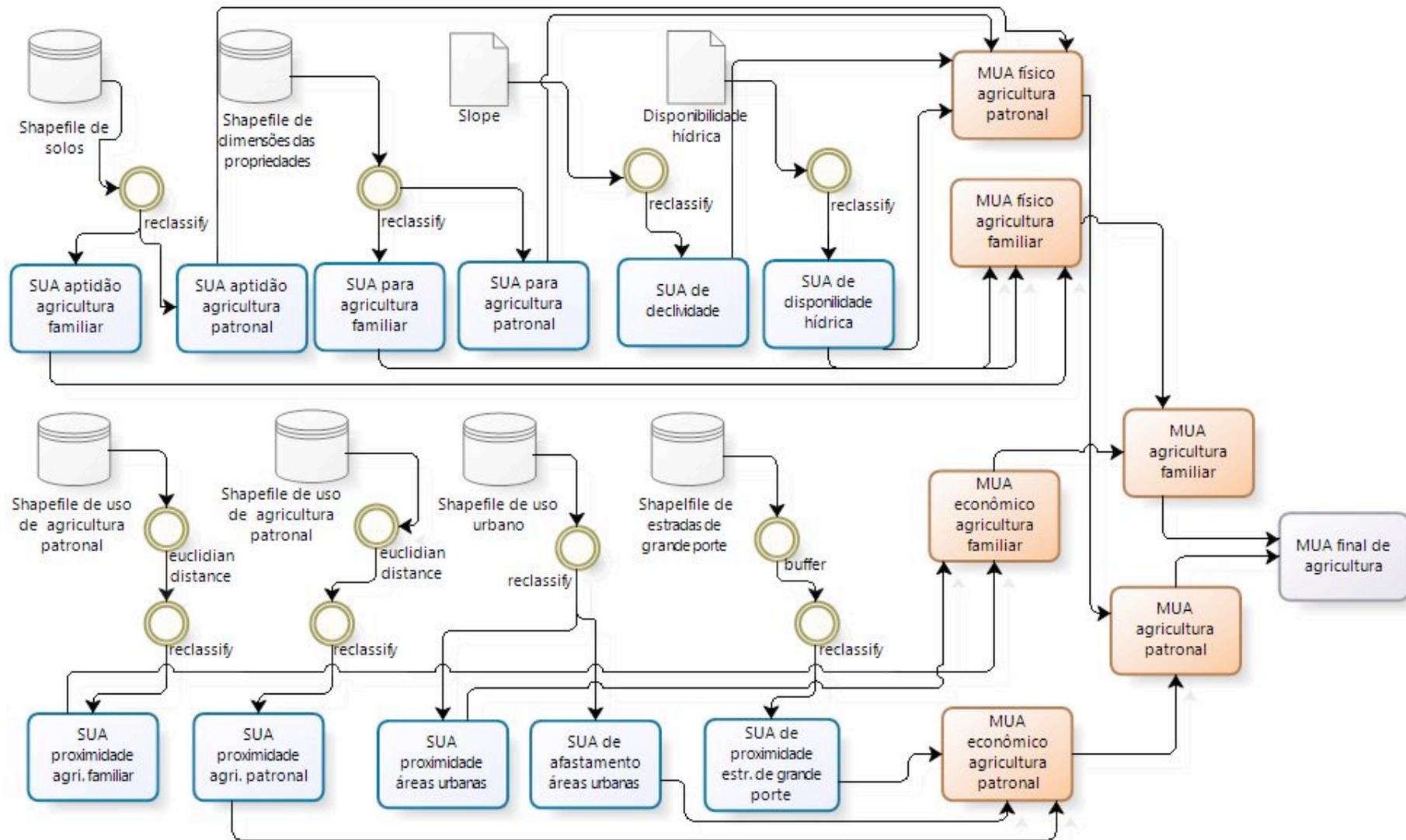


Figura 14. Fluxograma metodológico das áreas adequadas à Agricultura.

Dessa forma, os solos são classificados pela sua aptidão agrícola para uma determinada intensidade de uso, em um nível de manejo específico, levando em consideração cinco fatores de limitação: deficiência de fertilidade, deficiência de água, excesso de água ou deficiência de oxigênio, suscetibilidade à erosão e impedimentos à mecanização. De acordo com estudo realizado na bacia, os solos encontrados na região apresentam aptidão agrícola boa para lavoura no nível tecnológico C e restrita no nível tecnológico B (1(b)C), regular para lavoura no nível tecnológico C e /ou restrita no nível tecnológico B (2c, 2(b)c), restrita para lavoura no nível tecnológico C (3(c)), restrita para pastagem plantada no nível tecnológico B (4(p)), restrita para pastagem natural no nível tecnológico A (5(n)) e áreas destinadas para preservação da fauna e flora (6) (Spera et al., 2003)

Tendo em vista o universo de aptidão agrícola da Bacia do Alto Rio Descoberto foi alocado os valores de adequabilidade por meio do método de análise de pares (AHP) para agricultura familiar e para a agricultura patronal (Figura 15). Tal método consiste na elaboração de uma matriz de comparação em uma escala comum de valores que são posteriormente normalizados pela soma da coluna que estão inseridos. Após a normalização dos dados, é gerado a média desses valores para serem transformados em valores do *Single Utility Assignment* (SUA) por meio da equação 1:

$$AHP_{iv} = ((VO - Min_{vo}) \times (Max_{nv} - Min_{nv}) / (Max_{vo} - Min_{vo})) + 1 \quad (\text{eq. 1}),$$

onde VO corresponde ao valor final obtido pela matriz de comparação, Min_{vo} corresponde ao menor valor final obtido, Max_{vo} corresponde ao maior valor final obtido, Max_{nv} corresponde ao valor máximo da nova escala, ou seja 9, e Min_{nv} corresponde ao valor mínimo da nova escala, ou seja 1 (Carr & Zwick, 2007).

Nesse sentido, foi utilizado como base para a geração da matriz o quadro guia de avaliação de aptidão agrícola (anexo A) e as características econômicas e tecnológicas dos tipos de agricultura envolvidos para gerar o valor de adequabilidade. No caso da agricultura familiar os níveis tecnológicos A e B obtiveram preponderância em relação ao nível tecnológico C, além de ter sido levado em consideração o nível de intensidade de uso do solo permitido para cada classe; já no caso da agricultura patronal, o nível tecnológico C obteve maior peso e consideração devido às características de mecanização e aplicação de tecnologia e insumos, da mesma forma na agricultura familiar, o nível de intensidade de uso permitido para cada classe teve maior ênfase (Tabela 7).

Tabela 7. Classes de aptidão agrícola e de adequabilidade para os tipo de agricultura propostos.

Aptidão agrícola	Agricultura Familiar	Agricultura Patronal
1(b)C	9	9
2(b)c	9	9
2c	6	9
3(c)	4	6
4(p)	3	2
5(n)	2	2
6	1	1

AHP elaborado para Agricultura Familiar

		j						
i		1(b)C	2(b)c	2c	3 (c)	4(p)	5(n)	6
	1(b)C	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	9,00
	2(b)c	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00	9,00
	2c	0,25	1,00	1,00	2,00	3,00	4,00	9,00
	3 (c)	0,20	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	9,00
	4(p)	0,17	0,33	0,50	0,50	1,00	2,00	9,00
	5(n)	0,14	0,25	0,33	0,33	0,50	1,00	9,00
	6	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00
soma		3,39	3,39	6,19	9,94	14,61	20,11	55,00

Pesos finais SUA - escala de 1 a 9	
Classe de aptidão agrícola	Valor de adequabilidade
1(b)C	9
2(b)c	9
2c	6
3 (c)	4
4(p)	3
5(n)	2
6,00	1

AHP elaborado para o Agricultura Patronal

		j						
i		1(b)C	2(b)c	2c	3 (c)	4(p)	5(n)	6
	1(b)C	1,00	1,00	1,00	2,00	7,00	8,00	9,00
	2(b)c	1,00	1,00	1,00	2,00	6,00	7,00	9,00
	2c	0,25	1,00	1,00	2,00	6,00	7,00	9,00
	3 (c)	0,20	0,50	1,00	1,00	5,00	6,00	9,00
	4(p)	0,17	0,33	0,50	0,20	1,00	2,00	9,00
	5(n)	0,14	0,25	0,33	0,17	1,00	1,00	9,00
	6	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11	1,00
soma		3,88	3,92	3,92	7,48	25,61	31,11	55,00

Pesos finais SUA - escala de 1 a 9	
Classe de aptidão agrícola	Valor de adequabilidade
1(b)C	9
2(b)c	9
2c	9
3 (c)	6
4(p)	2
5(n)	2
6,00	1

Figura 15. AHP de definição de adequabilidade dos solos para agricultura familiar e patronal.

O subobjetivos 1.1.2 e 2.1.1 referem-se ao SUA de disponibilidade hídrica para agricultura familiar e para a agricultura patronal. Utilizou-se como dado de entrada o mapa de disponibilidade hídrica elaborado em 2009 a partir dos dados de pedologia e de cobertura vegetal por meio do método curva número, posteriormente integrado aos dados de precipitação (Gonçalves et al., 2009). Tal mapa foi elaborado para o Distrito Federal, variando na região da Bacia do Alto Rio Descoberto de 0 a 39% de disponibilidade hídrica, sendo reclassificado pelo método de quebras naturais na escala de adequabilidade de 1 a 9. As áreas com valores de disponibilidade hídrica entre um e dois desvios padrões foram alocados os valores de 9 a 6 por apresentarem maior disponibilidade hídrica enquanto os demais valores foram alocados as adequabilidades de 5 a 1. A porção da Bacia do Alto Rio Descoberto no estado do Goiás que não possuía dados de disponibilidade hídrica no mapa de entrada foi alocado o valor 1. Tendo em vista que agricultura familiar e a agricultura patronal não apresentam distinção de adequabilidade em relação à disponibilidade hídrica foi utilizado o mesmo SUA para as duas metas.

O SUA de áreas adequadas para a agricultura patronal baseada na declividade da região (subobjetivo 2.1.3) foi elaborado tendo como dado de entrada o *slope* gerado a partir dos dados do SRTM. Tal dado foi reclassificado baseado nas classes propostas pelo IBGE, a saber, plana, suave ondulada, ondulada, forte ondulada, montanhosa e escarpada. Tendo em vista que o relevo ondulado começa a gerar limitações na mecanização foi alocado o valor 5 de adequabilidade para essa classe e os valores 9 e 7 para as classes plana e suave ondulada, respectivamente, por apresentarem pouca ou nenhuma limitação. As classes forte ondulada e montanhosa tiveram os valores 3 e 2 de adequabilidade alocados devido às fortes limitações do relevo à mecanização (IBGE, 2007; Ramalho Filho & Beek, 1995).

Dentre os subobjetivos economicamente adequados estão as áreas próximas às agriculturas familiares existentes (subobjetivo 1.2.1) ou ao desenvolvimento da agricultura patronal (2.2.1). Tais usos foram vetorizados na escala de 1:25.000 utilizando imagens Rapideye® com 5m de resolução espacial, sendo consideradas somente áreas de atividade agrícola consolidada. Esses dados foram convertidos em planos de informação matricial, gerando dois SUAs distintos: um para agricultura familiar e outro para a agricultura patronal. O método utilizado para a reclassificação foi o de quebras naturais, que permitiu a geração das classes mais adequadas ao objetivo proposto, sendo alocado os valores mais altos de adequabilidade para as áreas com maior proximidade das áreas identificadas já consolidadas.

Conforme descrito, a proximidade com áreas urbanas e o afastamento de áreas urbanas é um dos parâmetros econômicos para identificação de áreas adequadas para agricultura familiar (subobjetivo 1.2.2) e para a agricultura patronal (subobjetivo 2.2.2), respectivamente. Dessa forma as áreas urbanas foram vetorizadas na escala 1:25.000 utilizando imagens Rapideye® com 5m de resolução espacial, e posteriormente convertidas em um plano de informação matricial. O método utilizado para reclassificação foi o de quebras naturais em nove classes devido a distribuição dos

dados e a adequabilidade aos objetivos propostos, sendo o SUA de proximidade com áreas urbanas oposto ao SUA de afastamento de áreas urbanas.

O SUA de proximidade a estradas de grande porte e rodovias, o subobjetivo 2.2.4, foi elaborado a partir da vetorização das estradas na escala 1:25.0000, utilizando imagens Rapideye®. Tais estradas foram classificadas em rodovias, por meio de dados auxiliares de mapas disponíveis no site do DNIT e estradas de grande porte por meio das características físicas, como largura e conexão com as rodovias. Tendo em vista que as rodovias possuem faixas de domínio *non aedificandi* variando de 40 a 130 m divididos simetricamente com o centro da rodovia de acordo com a classificação proposta no decreto 23.365/2006, foi realizado a nomenclatura das rodovias e o respectivo *buffer*. As estradas de grande porte que não são rodovias foi aplicado um *buffer* de seis metros simetricamente dividido com o centro da estrada a fim de representar a largura média das estradas rurais e urbanas que também não são passíveis de ocupação (Brasil, 1973, 1999; DNIT, 2009).

Dessa forma, foram gerados os dados das rodovias e estradas de grande porte com seus respectivos *buffers*. Após a aplicação dos *buffers*, foi calculado a distância euclidiana e feita a reclassificação dos dados para geração do plano de informação matricial. Na reclassificação foi utilizado inicialmente o método de quebras naturais em 10 classes, sendo que a primeira classe foi alterada para contemplar somente os *buffers* das estradas e rodovias, para posteriormente ser alocado o valor de baixa adequabilidade “1”. As demais classes foram classificadas de 9 a 1, sendo a classe mais próxima do *buffer* considerada de alta adequabilidade, e assim sucessivamente até ser alocado a classe de menor adequabilidade para as áreas mais distantes passíveis de ocupação.

Tendo em vista a diferenciação do tamanho dos terrenos necessários para a execução das atividades agrícolas observadas na região foram definidos os subobjetivos 1.1.3 e 2.1.4, identificação do parcelamento adequado do solo para a agricultura familiar e para a agricultura patronal. Devido a falta de disponibilidade de dados de loteamento da região, foi elaborado um zoneamento utilizando imagens com 5m de resolução espacial a fim de segmentar a Bacia em cinco tipos de parcelamento, a saber, pequenas propriedades que contemplam as áreas urbanas da Bacia, pequenas a médias propriedades que correspondem aos lotes rurais mais parcelados, médias propriedades que correspondem às chácaras com parcelamento intermediário, médias a grandes propriedades que correspondem às áreas rurais com menor nível de parcelamento do solo e as grandes propriedades que correspondem às áreas menos parceladas ou não parceladas. Tendo em vista os sistemas produtivos adotados, foi levado em consideração que as propriedades mais adequadas seriam as localizadas no meio rural com características físicas de média ou média a grande propriedades, enquanto para agricultura patronal seria mais apropriado as propriedades consideradas grandes ou médias a grandes.

A fim de se obter os valores de cada zona determinada para as metas definidas, tais zonas de parcelamento foram comparadas em pares e tais valores transformados na escala na escala de 1 a 9 do

modelo proposto por meio da utilização do método AHP conforme realizado anteriormente na elaboração dos SUAs referente aos dados de solos (Figura 16)

Os subobjetivos 1.2.3 e 2.2.3 levam em consideração a valorização da terra e a determinação de valores monetários adequados das propriedades para a agricultura familiar e agricultura patronal, respectivamente. Entretanto tais SUAs não puderam ser elaborados e incluídos nos próximos passos do modelo LUCIS devido à falta de dados disponibilizados referentes aos valores por hectares, por exemplo, das áreas rurais da região.

Após a elaboração dos SUAs dos subobjetivos propostos foram elaborados os MUAs dos objetivo 1.1 (parâmetros físicos) e 1.2 (parâmetros econômicos) para posteriormente comporem o MUA da meta 1 que consiste em identificar áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura familiar. Como critério para preenchimento da matriz de comparação pelo método AHP do objetivo 1.1, foi definido que o subobjetivo 1.1.1, identificação de solos adequados, como igualmente importante ao subobjetivo 1.1.3, identificação do parcelamento adequado do solo, e moderadamente mais importante que o subobjetivo 1.1.2 que define a disponibilidade hídrica adequada, pois o primeiro subobjetivo é baseado em uma classificação de aptidão agrícola do solo que leva diversos fatores em consideração para o desenvolvimento agrícola, além disso, o dado de entrada de disponibilidade hídrica não estava completo, podendo gerar uma distorção no resultado.

Essa incompletude do dado também foi levada em consideração na comparação entre os subobjetivos 1.1.3 e 1.1.2, considerando que o último é igualmente a moderadamente menos importante que o 1.1.3. No MUA do objetivo 1.2 foi considerado que o objetivo 1.2.1 que define a proximidade com as agriculturas familiares existentes são moderadamente mais importantes que o subobjetivo 1.2.2, proximidade com centros urbanos pois a proximidade com áreas que atualmente desenvolvem tal atividade demonstra uma tendência de mercado, podendo tais zonas estarem mais distantes dos centros urbanos por apresentarem alguma outra vantagem específica. Os MUAs dos objetivos acima descritos foram considerados igualmente importantes para a geração do MUA final da meta 1 (Figura 17)

O mesmo procedimento foi adotado para meta 2 que consiste em identificar áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura patronal, sendo primeiramente elaborado os MUAs do objetivos 2.1 (parâmetros físicos) e 2.2 (parâmetros econômicos) para depois integrarem o MUA final da meta. Assim como na meta acima descrita, os mesmos critérios de comparação foram utilizados entre os subobjetivos 2.1.1 (identificação de solos adequados) e os subobjetivos 2.1.2 (identificação da disponibilidade hídrica adequada) e 2.1.4 (identificação de parcelamento adequado); já entre o subobjetivo 2.1.3 (identificação da declividade adequada) e os demais subobjetivos foi considerado igual importância em relação aos subobjetivos de disponibilidade hídrica e parcelamento, e moderadamente menos importância em relação aos dados de solos, devido às características observadas nos dados de entrada.

AHP elaborado para Agricultura familiar

		j				
i		grande	media a grande	media	pequena a media	pequena
	grande	1,00	0,33	0,33	0,50	3,00
	media a grande	0,33	1,00	1,00	2,00	5,00
	media	6,83	17,00	1,00	3,00	5,00
	pequena a media	1,00	3,00	0,15	1,00	3,00
	pequena	0,33	1,00	0,06	0,33	1,00
soma		9,50	22,33	2,54	6,83	17,00

Pesos finais SUA - escala de 1 a 9	
grande	3
media a grande	8
media	9
pequena a media	4
pequena	1

AHP elaborado para Agricultura Patronal

		j				
i		grande	media a grande	media	pequena a media	pequena
	grande	1,00	2,00	3,00	5,00	5,00
	media a grande	0,33	1,00	3,00	4,00	5,00
	media	6,83	17,00	1,00	3,00	3,00
	pequena a media	1,00	3,00	0,15	1,00	1,00
	pequena	0,33	1,00	0,06	1,00	1,00
soma		9,50	24,00	7,21	14,00	15,00

Pesos finais SUA - escala de 1 a 9	
grande	9
media a grande	6
media	3
pequena a media	1
pequena	1

Figura 16. AHP de definição de adequabilidade dos loteamentos para agricultura familiar e patronal.

AHP elaborado para compor a meta de identificação de áreas para agricultura familiar

AHP do objetivo 1.1: contexto físico

		j			
i		subobjetivo 1.1.1	subobjetivo 1.1.2	subobjetivo 1.1.3	pesos finais
	subobjetivo 1.1.1	1,00	3,00	1,00	0,44
	subobjetivo 1.1.2	0,33	1,00	0,50	0,17
	subobjetivo 1.1.3	1,00	2,00	1,00	0,39
soma	2,33	6,00	2,50	1,00	

AHP do objetivo 1.2: contexto econômico

		j		
i		subobjetivo 1.2.1	subobjetivo 1.2.2	pesos finais
	subobjetivo 1.2.1	1,00	3,00	0,75
	subobjetivo 1.2.2	0,33	1,00	0,25
soma	1,33	4,00	1,00	

AHP elaborado para compor a meta de identificação de áreas para agricultura patronal

AHP do objetivo 2.1: contexto físico

		j				
i		subobjetivo 2.1.1	subobjetivo 2.1.2	subobjetivo 2.1.3	subobjetivo 2.1.4	pesos finais
	subobjetivo 2.1.1	1,00	3,00	3,00	1,00	0,40
	subobjetivo 2.1.2	0,33	1,00	1,00	0,50	0,14
	subobjetivo 2.1.3	0,33	1,00	1,00	1,00	0,18
	subobjetivo 2.1.4	1,00	2,00	1,00	1,00	0,28
soma	2,67	7,00	6,00	3,50	1,00	

AHP do objetivo 2.2: contexto econômico

		j			
i		subobjetivo 2.2.1	subobjetivo 2.2.2	subobjetivo 2.2.4	pesos finais
	subobjetivo 2.2.1	1,00	2,00	1,00	0,4
	subobjetivo 2.2.2	0,50	1,00	0,50	0,2
	subobjetivo 2.2.4	1,00	2,00	1,00	0,4
soma	2,50	5,00	2,50	1,00	

Figura 17. AHP de definição da cada SUA de agricultura elaborado.

No objetivo 2.2, identificar áreas economicamente adequadas para a agricultura patronal, foi considerado que o subobjetivo 2.2.1, proximidade com agricultura patronal existente, é igualmente a moderadamente mais importante que o subobjetivo 2.2.2, afastamento de centros urbanos, e igualmente importante ao subobjetivo 2.2.4, proximidade com estradas de grande porte. Os afastamentos aos centros urbanos foram considerados menos importantes que os outros dois subobjetivos, devido às tendências de mercado subentendidas na proximidade com as agriculturas patronais atuais e à importância das estradas para a logística de produção, podendo ser importante para o surgimento de novas zonas de produção. Assim como na meta anterior, os dois objetivos foram considerados igualmente importantes para o estabelecimento do MUA final da meta 2 (Figura 17).

3.3.3. Urbano

A identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano foi determinada por meio da construção de três metas a partir dos tipos de uso observados: residencial, comercial e industrial. Com base nas metas propostas foram definidos dois objetivos relacionados às características físicas e econômicas das metas com seus respectivos subobjetivos. Dessa forma, foram construídos os SUAs (*Single Utility Assignment*) de cada subobjetivo para serem integrados em um MUA (*Multiple Utility Assignment*) pelo método AHP para compor os objetivos que identificam as áreas física e economicamente adequadas para cada tipo de uso, e posteriormente, os MUAs das metas para a compor a adequabilidade para o tipo de uso urbano proposto (Figura 18).

De acordo com os subobjetivos 1.1.1, 2.1.1 e 3.1.1, as áreas urbanas residenciais, comerciais e industriais devem ser localizadas em áreas afastadas dos cursos d'água. Dessa forma, foi realizado o SUA de áreas afastadas de cursos d'água a partir da distância euclidiana dos *buffers* obtido na elaboração do SUA de proximidade aos corpos d'água (objetivo 2.3 de conservação). O mesmo método de classificação foi utilizado (quantile) porém foi alocado o valor 9 para as áreas mais afastadas e 1 para as áreas do *buffer* por serem áreas de preservação permanente e não passível de consolidação de área urbana.

Os subobjetivos 1.1.1, 2.1.2 e 3.1.2 identificam a adequabilidade das áreas da bacia em relação à declividade da região para o desenvolvimento do uso residencial, comercial e industrial, respectivamente. Tendo em vista que a medida que o declive é acentuado, são necessárias intervenções baseadas em estudos e tecnologia para o estabelecimento das obras de engenharia, podendo inclusive inviabilizar tais empreendimentos. Nesse sentido foram elaborados dois SUAs: um contemplando os tipos de uso comercial e industrial devido a uma maior similaridade de porte e tamanho das obras e outra contemplando o tipo residencial. A elaboração dos SUAs foi realizada por meio da reclassificação do *slope* gerado a partir dos dados SRTM, tal reclassificação foi feita pela segmentação dos valores nas classes definidas no manual de pedologia do IBGE e pela definição dos valores de adequabilidade variando de 1 a 9, sendo 9 as áreas mais adequadas para o desenvolvimento do determinado tipo de uso (Tabela 8) (IBGE, 2007).

Tabela 8. Adequabilidade da declividade para os objetivos 1.1.1, 2.1.2 e 3.1.2.

Classe IBGE	Uso residencial	Uso comercial e industrial
0 - 3	9	9
3 - 8	8	7
8 - 20	7	5
20 - 45	5	3
45 - 50.072	3	2

Diferentemente das áreas residenciais as áreas comerciais possuem maior relação com a proximidade de estradas em vez da densidade devido às características econômicas. Nesse sentido o SUA do subobjetivo 2.2.1 foi realizado a partir da vetorização das estradas na escala 1:25.000 das imagens Rapideye®. Assim como no subobjetivo 2.2.4 da proposição de agricultura, foi feito o *buffer* das faixas de domínio para as rodovias além do *buffer* de seis metros para as demais estradas, levando em consideração todas as estradas vetorizadas e não categorizadas como rodovias. Posteriormente, foi calculado a distância euclidiana e a reclassificação dos valores pelo método *quantile* em dez classes, devido a melhor segmentação dos dados para tal objetivo, sendo o *buffer* compreendido em uma classe de baixa adequabilidade seguido das classes de 9 a 1.

Assim como as áreas comerciais, as áreas industriais possuem relação com proximidade de estradas, porém devido às características de tais empreendimentos, foi definido tal relação com estradas de grande porte e rodovias. O plano de informação final desse objetivo é o mesmo do subobjetivo 2.2.4, do quesito econômico da proposição da agricultura patronal.

Tendo em vista a relação entre densidade demográfica e área urbana, foram definidos os subobjetivos 1.2.3 e 2.2.3 para identificar áreas com grande densidade populacional com vistas à adequabilidade a áreas residenciais e comerciais. Nesse sentido, esse SUA foi elaborado baseado nos dados da variável 002 (quantidade de população em propriedade particular) do CENSO Demográfico IBGE, 2010 e o dado espacial dos setores censitários. Foi calculado a área em m² de cada setor censitário e vinculado a variável de número de pessoas para posteriormente ser calculado a densidade de pessoas por m²; a partir do dado de densidade foi feita a conversão do dado em um plano de informação matricial. As áreas com maior densidade foram reclassificadas para o valor 9 e as áreas com menor densidade foram reclassificadas para o valor 1 por meio do método de intervalos geométricos que divide os dados baseado em uma série geométrica. Alguns setores censitários não obtinham dados de população, portanto o valor zero obteve maior frequência que os demais valores às células; o método adotado permitiu que tal característica não fosse tão pronunciada além de ter possibilitado a distinção de classes na porção mais agrupada. O inverso desse SUA, identificar áreas com baixa densidade populacional, foi designado às áreas industriais devido às características dos empreendimentos (subobjetivo 3.2.3).

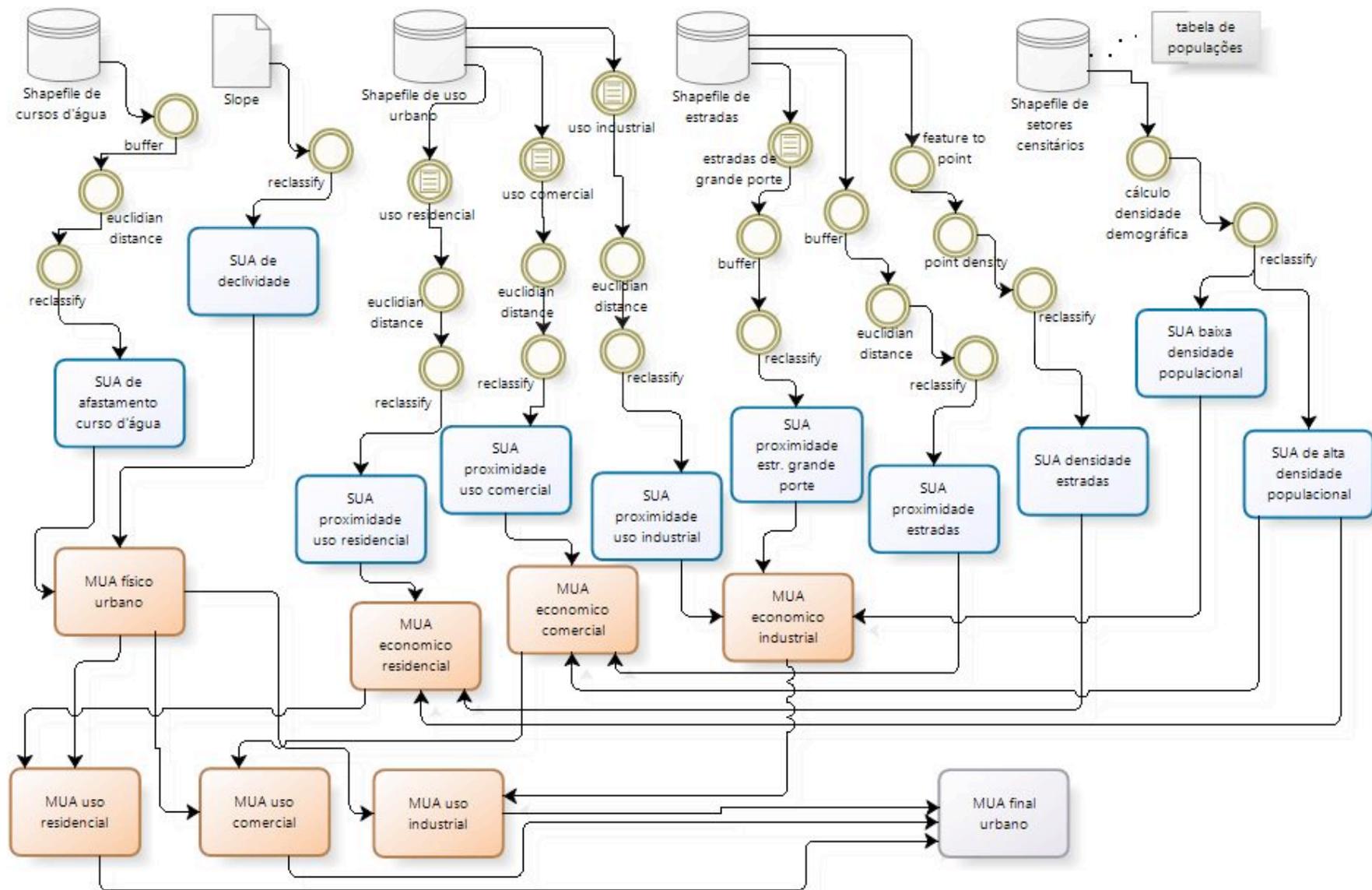


Figura 18. Fluxograma metodológico das áreas adequadas para o desenvolvimento urbano.

A identificação de áreas próximas aos usos consolidados, os subobjetivos 1.2.2, 2.2.2 e 3.2.2, é baseado na coesão urbana e no zoneamento e define as áreas já ocupadas como adequadas conforme utilizado no modelo original LUCIS. A fim de definir as áreas de uso residencial e comercial e suas proximidades nos subobjetivos 1.2.2 e 2.2.2, respectivamente, foi realizada a vetorização de tais usos utilizando imagens Rapideye®, imagens disponíveis no google maps® e do google street view®. As áreas de uso comercial foram identificadas por meio dos tipos de telhado, tamanho, disposição espacial e presença de grandes estacionamentos próximos (Figura 19), enquanto as áreas residenciais foi delimitada pela extração das áreas de uso comercial e industrial da delimitação urbana. Após a delimitação dos usos foi realizado o cálculo da distância euclidiana e reclassificação em nove classes pelo método quantile, gerando o SUA de proximidade a áreas residenciais o SUA de proximidade a áreas comerciais. O método quantile foi utilizado no processo de reclassificação devido à distribuição agrupada dos dados na porção esquerda do histograma, permitindo uma segmentação mais detalhada dos valores mais próximos dos usos existentes.

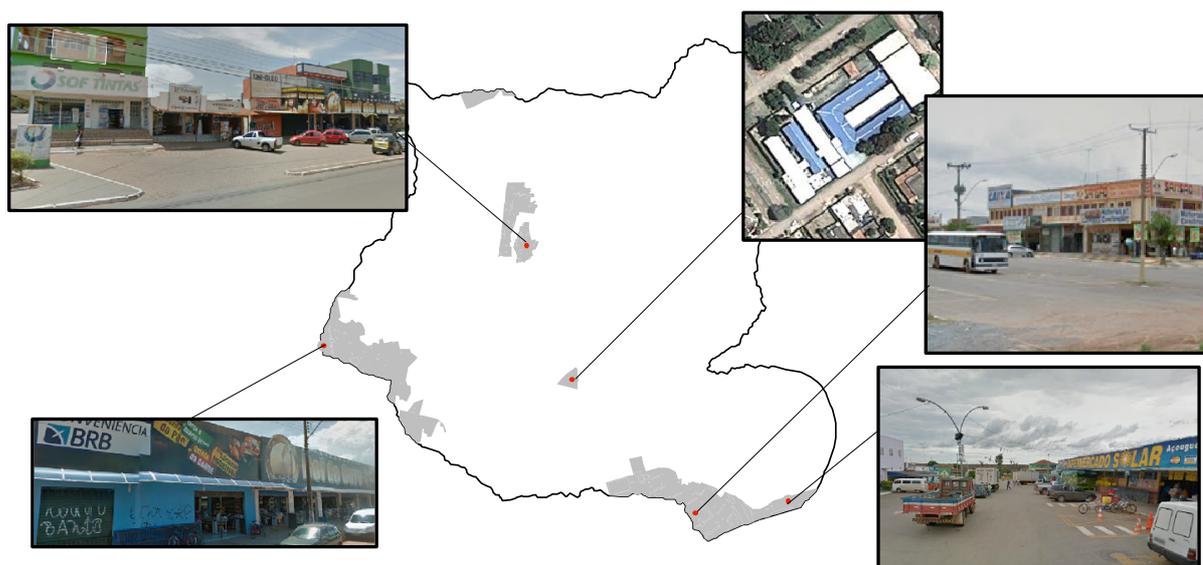


Figura 19. Exemplos de áreas de uso comercial, imagens do google®.

Com o intuito de alocar as áreas consolidadas de uso industrial e suas proximidades como adequadas para tal atividade foi elaborado o subobjetivo 3.2.2. A primeira etapa desse SUA consistiu na identificação das áreas industriais da bacia, obtidas a partir das definições obtidas no PDOT, e cálculo da distância euclidiana. O plano de informação obtido foi então reclassificado nas nove classes de adequabilidade do modelo utilizando o método de desvio padrão que permite evidenciar os valores localizados abaixo e acima da média dos dados, possibilitando uma melhor segmentação dos valores próximos ao alvo de áreas consolidadas de uso urbano industrial. Tal método foi utilizado com o parâmetro de $\frac{1}{2}$ desvio padrão e gerou 11 classes, as nove primeiras classes foram alocadas o valor de 9 a 1 e as últimas duas classes o valor 1.

A qualidade do ar das regiões foi alocado como fator determinante na identificação de novas áreas para uso residencial e comercial, subobjetivos 1.2.3 e 2.2.3. No entanto, não foi possível a

execução desses SUAs devido à falta de dados de entrada para tal elaboração. Nesse sentido, os subobjetivos 1.2.4, 2.2.4 e 3.2.4 referente ao valor monetário adequado das terras para desenvolvimento de cada uma das atividades urbanas também não foi elaborado devido à falta de dados espacializados relacionados ao tema.

Após a elaboração dos SUAs referente aos subobjetivos propostos, foram elaborados os MUAs referentes aos objetivos 1.1, identificar áreas fisicamente adequadas, e 1.2, identificar áreas economicamente adequadas, para posteriormente ser gerado o MUA da meta 1, identificar áreas adequadas para o desenvolvimento do uso urbano residencial, por meio da análise comparativa em pares. No objetivo 1.1 foi definido que o subobjetivo 1.1.1, identificar áreas com declividade adequada, é moderadamente mais importante que o subobjetivo 1.1.2, identificar áreas afastadas dos cursos d'água, pois é um parâmetro mais limitante à ocupação do que o afastamento aos cursos d'água, apesar desse último também poder apresentar problemas à ocupação, como risco de inundações (Guimarães & Da Penha, 2009). No objetivo 1.2, os três subobjetivos foram definidos como igualmente importantes devido ao processo de urbanização, permitindo que tanto a densidade de estradas como o aumento populacional e a conexão com a malha urbana existente definissem as áreas mais adequadas para a ocupação por uso urbano residencial (Figura 20). Após a elaboração dos MUAs de tais objetivos, foi elaborado o MUA final da meta, sendo considerado igualmente importante o objetivo 1.1 e 1.2.

No âmbito da meta 2, identificar áreas adequadas para uso comercial, foi levado em consideração do quesito físico, objetivo 2.1, os mesmos parâmetros adotadas no uso residencial, objetivo 1.1. No quesito econômico, objetivo 2.2, foi definido que a proximidade com estradas, o subobjetivo 2.2.1, é moderadamente menos importante que a proximidade com uso comercial existente, o subobjetivo 2.2.2, e igualmente a moderadamente menos importante que as áreas com grande densidade populacional, o subobjetivo 2.2.3; sendo esse considerado igualmente a moderadamente mais importante que o subobjetivo 2.2.2 (Figura 20). Tais parâmetros foram alocados pois apesar da proximidade com estradas ser uma característica vantajosa, tal vantagem não é suficiente sem uma grande movimentação de pessoas por meio do aumento populacional e proximidade com comércios existentes tendo em vista a demanda de mercado e a conexão da malha. Entretanto tal conectividade com os comércios existentes não deve ser uma limitação ao surgimento de zonas comerciais em novas áreas com grande densidade populacional. O MUA final da meta 2 foi elaborado por meio da soma ponderada, sendo considerado o objetivo 2.1 igualmente importante ao objetivo 2.2.

O MUA da meta 3, identificar áreas adequadas para o uso industrial, foi elaborado considerando igualmente importantes os objetivos 3.1, identificar áreas fisicamente adequadas, e o objetivo 3.2, identificar áreas economicamente adequadas. Os mesmo critérios utilizados nos objetivos 1.1 e 2.1 das metas de uso residencial e comercial foram utilizados no objetivo 3.1. No caso do objetivo 3.2, foram utilizados parâmetros similares ao objetivo 2.2, definido-se a proximidade com

estradas de grande porte (subobjetivo 3.2.1) moderadamente menos importante que a proximidade com outras áreas industriais (subobjetivo 3.2.2) e igualmente a moderadamente menos importante que a baixa densidade populacional (subobjetivo 3.2.3); sendo esse último igualmente importante à proximidade com outras áreas industriais (subobjetivo 3.2.2). No caso do uso industrial é interessante que se mantenha a conectividade com a malha urbana existente, evitando assim a urbanização de outras áreas por meio do estabelecimento de um grande empreendimento e que as áreas tenham baixa densidade populacional a fim de se evitar competitividade com o uso residencial e impactos na qualidade de vida da população, ficando em segundo plano a proximidade com estradas de grande porte mais importantes para fins de localização e logística do empreendimento (Figura 20).

3.4. Análise das preferências

A análise das preferências consiste na elaboração do *Multiple Utility Assignment* (MUA) de cada uma das intenções propostas, a saber, identificar áreas adequadas para conservação, agricultura e desenvolvimento urbano. Tal elaboração é realizada por meio da soma ponderada dos MUAs de adequabilidade das metas definidas para cada grande uso acima mencionado. Ao contrário da análise da adequabilidade descrita no item anterior, a análise das preferências não define quais áreas são mais adequadas para o desenvolvimento de determinado uso, sendo definido nessa etapa do modelo a importância de cada tipo de uso que já tiveram suas adequabilidades definidas na etapa de elaboração dos subobjetivos, objetivos e metas (Carr & Zwick, 2007).

A definição dos pesos de cada uma das metas das intenções propostas foram definidos por meio do método *Analytical Hierarchy Process* (AHP) que consiste na análise em pares das metas definidas no modelo, gerando como resultado o peso a ser utilizado na equação 2:

$$RF = (\text{peso}_{\text{meta } n} \times MUA_{\text{meta } n}) + (\text{peso}_{\text{meta } n+1} \times MUA_{\text{meta } n+1}) \quad (\text{eq. 2}),$$

onde RF corresponde ao *raster* final, $\text{peso}_{\text{meta } 1}$ corresponde ao valor obtido pelo método AHP e $MUA_{\text{meta } 1}$ corresponde ao MUA final da meta correspondente ao peso definido (Carr & Zwick, 2007).

Dessa forma, foi definido para a primeira intenção de identificação de áreas adequadas para conservação que a meta 1 voltada para a conservação da biodiversidade é igualmente importante à meta 2 determinada para a manutenção dos recursos hídricos devido à interdependência de tais metas para a conservação dos ecossistemas e dos recursos naturais (Figura 21).

No caso da segunda intenção de identificar áreas adequadas para o desenvolvimento agrícola, a meta de identificação de áreas adequadas para a agricultura familiar (meta 1) foi considerada fortemente mais importante que a meta de identificação das áreas adequadas para a agricultura patronal devido à ocupação atual da área rural da bacia, evidenciando a importância da agricultura familiar para a produção agrícola da região (Figura 21).

AHP elaborado para compor a meta de identificação de áreas para uso residencial

AHP do objetivo 1.1: contexto físico

		j		
		subobjetivo 1.1.2	subobjetivo 1.1.3	pesos finais
i	subobjetivo 1.1.2	1,00	0,33	0,25
	subobjetivo 1.1.3	3,00	1,00	0,75
	soma	4,00	1,33	1,00

AHP do objetivo 1.2: contexto econômico

		j			
		subobjetivo 1.2.1	subobjetivo 1.2.2	subobjetivo 1.2.3	pesos finais
i	subobjetivo 1.2.1	1,00	1,00	1,00	0,33
	subobjetivo 1.2.2	1,00	1,00	1,00	0,33
	subobjetivo 1.2.3	1,00	1,00	1,00	0,33
soma		3,00	3,00	3,00	1,00

AHP elaborado para compor a meta de identificação de áreas para uso comercial

AHP do objetivo 2.2: contexto econômico

		j			
		subobjetivo2.2.1	subobjetivo2.2.2	subobjetivo2.2.3	pesos finais
i	subobjetivo2.2.1	1,00	0,33	0,50	0,17
	subobjetivo2.2.2	3,00	1,00	0,50	0,35
	subobjetivo2.2.3	2,00	2,00	1,00	0,48
soma		6,00	3,33	2,00	1,00

OBS: O AHP do objetivo 2.1(contexto físico) é igual ao do objetivo 1.1.

AHP elaborado para compor a meta de identificação de áreas para uso industrial

AHP do objetivo 3.2: contexto econômico

		j			
		subobjetivo 3.2.1	subobjetivo 3.2.2	subobjetivo 3.2.3	pesos finais
i	subobjetivo 3.2.1	1,00	0,33	0,50	0,17
	subobjetivo 3.2.2	3,00	1,00	1,00	0,44
	subobjetivo 3.2.3	2,00	1,00	1,00	0,39
soma		6,00	2,33	2,50	1,00

OBS: O AHP do objetivo 3.1(contexto físico) é igual ao do objetivo 1.1.

Figura 20. AHP de definição dos pesos de cada SUA de urbano elaborado

AHP elaborado para compor o MUA final de conservação

		j		
i		meta 1	meta 2	pesos finais
	meta 1	1,00	1,00	0,5
	meta 2	1,00	1,00	0,5
soma		2,00	2,00	1,00

AHP elaborado para compor o MUA final de agricultura

		j		
i		meta 1	meta 2	pesos finais
	meta 1	1,00	5,00	0,83
	meta 2	0,20	1,00	0,17
soma		1,20	6,00	1,00

AHP elaborado para compor o MUA final de urbano

		j			
i		meta 1	meta 2	meta 3	pesos finais
	meta 1	1,00	3,00	7,00	0,67
	meta 2	0,33	1,00	3,00	0,24
	meta 3	0,14	0,33	1,00	0,09
soma		1,48	4,33	11,00	1,00

Figura 21. AHP de definição dos pesos de cada MUA das metas dos tipos de uso.

A terceira intenção que consiste na identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano foi definido que a meta voltada para o uso residencial (meta 1) é moderadamente mais importante que a meta voltada para o uso comercial (meta 2) e muito fortemente mais importante que a meta de identificação de áreas para uso industrial (meta 3); enquanto o uso comercial foi definido como moderadamente mais importante que o uso industrial. Tais parâmetros foram definidos tendo em vista as diretrizes a serem adotadas na APA do Descoberto assim como a fim de suprir as demandas de moradia da região (Figura 21).

3.5. Análise de conflitos

A análise de conflitos consiste na etapa final do modelo LUCIS caracterizado pela comparação dos três MUA's finais das intenções de conservação, agricultura e desenvolvimento urbano a fim de se identificar os potenciais conflitos de uso e ocupação do solo a partir da adequabilidades e preferências definidas. Tal comparação é realizada pelo tratamento e processamento dos MUA's elaborados na análise das preferências por meio da ferramenta *raster calculator* em três etapas, a saber, remoção das áreas não passíveis de modificação de uso, normalização dos dados obtidos na etapa de análise das preferências e classificação desses em três classes assim como na combinação de tais dados para análise dos conflitos (Carr & Zwick, 2007).

A remoção das áreas que não são passíveis de modificação de uso é feita por meio da geração de uma máscara contendo tais áreas definidas como *no data* e o restante do território definido com o valor "1" para posteriormente ser multiplicada pelos MUA's gerados, extraído-se assim do plano de informação de análise de conflitos essas áreas. Nesse sentido foram definidas como áreas não passíveis de alteração de uso as áreas urbanas, os cursos d'água perenes e as unidade de conservação devido a determinação legal que impede a transformação do uso e ocupação do solo dessas áreas.

A normalização dos MUA's obtidos na etapa anterior do modelo é feito por meio da divisão dos MUA's pelo valor mais alto da escala proposta pelo modelo, ou seja, o valor "9". Após a normalização dos três MUA's, os dados foram classificados em três classes, utilizando como método de classificação o de quebras naturais. A fim de permitir a análise de conflitos o MUA de agricultura foi categorizado nos valores 100, 200 e 300 para os valores de baixa, média e alta adequabilidade respectivamente; enquanto o MUA de conservação foi categorizado em 10, 20 e 30 e o de urbano em 1, 2 e 3. Tal procedimento permite que ao multiplicar os planos de informação obtidos seja possível identificar o tipo de uso, áreas de conservação, agricultura ou urbano, assim como o grau de intensidade da adequabilidade para definir as áreas sem conflito, conflito moderado e conflito intenso.

A etapa final da análise de conflitos consiste em combinar os dados obtidos por meio da ferramenta *raster calculator* e utilizando a equação 3:

$$C = (MUA_{\text{cons}} + MUA_{\text{agro}} + MUA_{\text{urb}}) \times Masc \quad (\text{eq. 3}),$$

onde C corresponde ao plano de informação de conflito, MUA_{cons} corresponde ao MUA de identificação de áreas adequadas para conservação, MUA_{agro} corresponde ao MUA de identificação de

áreas adequadas para agricultura, MUA_{urb} corresponde ao MUA de identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano e Masc corresponde à máscara elaborado de áreas não passíveis de modificação de uso. Dessa forma é possível determinar as áreas passíveis de disputas, e seus níveis de intensidade, assim como as áreas não passíveis de conflito por ter uma adequabilidade maior em um determinado tipo de uso que em outro.

Ademais, a partir do plano de informação de análise de conflito obtido pelo modelo, é possível simular possíveis cenários por meio da destinação das áreas em conflito para uma das categorias de uso envolvidas, baseado na projeção populacional e na densidade demográfica atual da região. Dessa forma, as modificações e alterações do uso e ocupação do solo em áreas que possuam mais de uma adequabilidade entre as categorias de uso se tornam mais concretas, assim como seus possíveis impactos, o que auxilia no planejamento e gestão do território. (Carr & Zwick, 2007). Entretanto, tal simulação adota como estático a densidade de habitantes por extensão territorial ao longo do tempo e não leva em consideração possíveis ações de contenção ou estímulo de determinados usos. Dessa forma, foi considerado mais adequado no âmbito do planejamento territorial, a simulação de cenários que representassem situações extremas no ordenamento do território, uma com tendências mais desenvolvimentista e outra com tendências mais conservacionistas.

4. Resultados

Esse capítulo se refere à descrição dos resultados obtidos pela execução do modelo definido no capítulo 3, material e métodos. Esse capítulo foi sistematizado de acordo com o conceito *bottom-up* (do inglês, de baixo para cima) de implementação do modelo para determinação das áreas adequadas, iniciando na definição das adequabilidades mais específicas, subobjetivos e/ou objetivos, seguido das definições intermediárias, ou seja, as metas, e finalizando na composição das adequabilidades para as categorias de uso e análise de conflitos.

4.1. Resultados das análises das adequabilidades e preferências

Os resultados descritos nessa seção contemplam os critérios estabelecidos referentes à caracterização e composição de determinado tipo de uso dentre os três propostos pelo modelo, a saber, conservação, agricultura e urbano por meio da definição de parâmetros de adequabilidade a fim de determinar as áreas mais prováveis para o desenvolvimento dos usos específicos assim como as preferências adotadas entre tais ocupações específicas a fim de alocar as áreas mais prováveis para o desenvolvimento dos três grandes usos, conforme descrito nas seções 3.1, 3.2, 3.3 e 3.4 do material e métodos.

4.1.1. Conservação

A identificação de áreas adequadas para a conservação para a região da Bacia do Alto Rio Descoberto foi abordada em dois quesitos: identificar áreas adequadas para a manutenção da biodiversidade (meta 1) e identificar áreas adequadas para a manutenção da qualidade da água (meta 2), sendo levado em consideração para alcance da meta 1 a proximidade com as unidades de conservação existentes (objetivo 1.1), a capacidade de conservação da biodiversidade pelos fragmentos de remanescentes naturais (objetivo 1.2) e as conexões necessárias para as espécies entre as unidades de conservação (objetivo 1.3); enquanto foi levado em consideração para o alcance da meta 2 a proximidade com os cursos d'água (objetivo 2.3) e o potencial de recarga de aquíferos (objetivo 2.1).

O SUA de proximidade de unidades de conservação demonstrou, a importância da conservação dos recursos naturais da Bacia devido à implantação de quatro unidades de conservação, a saber, o Parque Estadual do Descoberto, a FLONA de Brasília (3 glebas), a REBIO do Descoberto e o Parque Nacional de Brasília, sendo esse último uma influência limítrofe pois somente uma pequena porção da sua delimitação está englobado na região da Bacia. Tal SUA possui 59,8% do plano de informação com alta adequabilidade (valores de 7 a 9) à conservação baseado no critério de proximidade que abrange as unidades de conservação propriamente ditas e suas proximidades imediatas definidas no material e métodos como valores acima da média da distância euclidiana encontrada (Figura 22).

O SUA para determinação de corredores ecológicos determinou a necessidade de quatro corredores para completa ligação entre os polígonos das unidades de conservação existentes na Bacia, sendo dois corredores mais robustos para a ligação de polígonos mais distantes e dois corredores menos robustos com a largura mínima de 100 metros para a ligação dos polígonos mais próximos, permitindo assim a locomoção das espécies, principalmente dos mamíferos, ao longo das unidades de conservação. Tais corredores contemplariam 2,3% da região da Bacia e devem ser mantidos com vegetação nativa nas áreas do *buffer* delimitado para o seu correto funcionamento conforme determinado pelos órgãos competentes (Figura 22).

O SUA para determinação da adequabilidade dos fragmentos de remanescentes de cerrado para a manutenção da biodiversidade levou em consideração os efeitos de borda e a compacidade, utilizando as características de área e perímetro. Os fragmentos mapeados contemplavam os três grandes grupos de fitofisionomia do cerrado, a saber, campo, savana e floresta, abrangendo aproximadamente 35% da Bacia. É possível perceber que a maioria dos fragmentos apresentavam formas alongadas em pelo menos uma porção do fragmento devido à conectividade de matas de galeria a algumas regiões de campo ou savana, sendo considerados os mais adequados aqueles que de modo geral apresentavam uma maior compacidade, maior relação de área e perímetro. Dessa forma, a matriz circundante dos fragmentos obtiveram baixa adequabilidade (valores de 1 a 3) os pequenos fragmentos ou fragmentos disformes com muita borda foram alocados com os valores de média adequabilidade (valores de 4 a 6), seguidos dos fragmentos de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) que variaram de maiores porém mais alongados até os fragmentos maiores e menos alongados, correspondendo esse últimos a 1,58 % da Bacia (Figura 22).

O SUA de proximidade com os cursos d'água demonstrou, a importância da manutenção de faixas verdes ao longo dos cursos d'água, assim como o controle adequado do uso e ocupação nas proximidades de tais recursos para a preservação dos leitos dos rios e reservatórios, bem como para a prevenção de contaminação das águas. Nesse sentido 33,78% da Bacia estão inseridos na faixa de alta adequabilidade para a manutenção da qualidade da água contemplando as áreas de preservação permanente (APP) e proximidades imediatas enquanto 35,02% apresentam média adequabilidade e 31,20% apresentam baixa adequabilidade. A proporção observada se deve ao método de classificação escolhido para a geração das classes que possibilitou uma maior concentração da alta adequabilidade próximo à APP; entretanto por se tratar de uma área de proteção ambiental devem haver restrições de uso nas demais áreas como a proibição da utilização de alguns produtos potencialmente poluidores conforme descrito na norma regulamentadora (Figura 22).

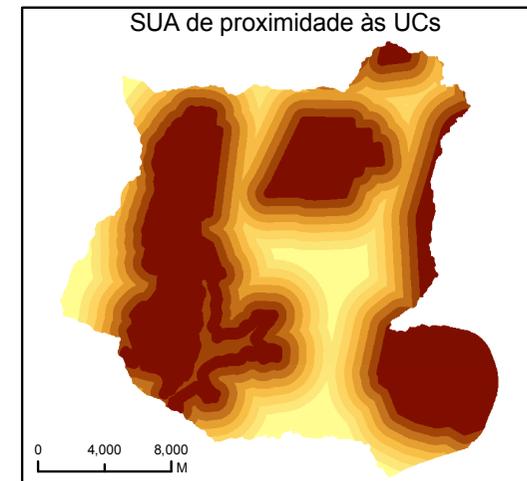
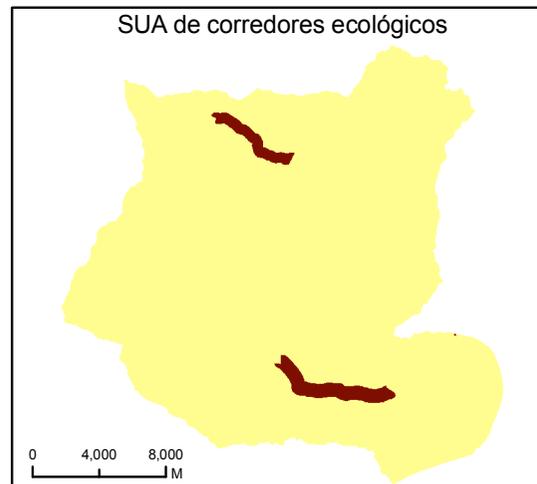
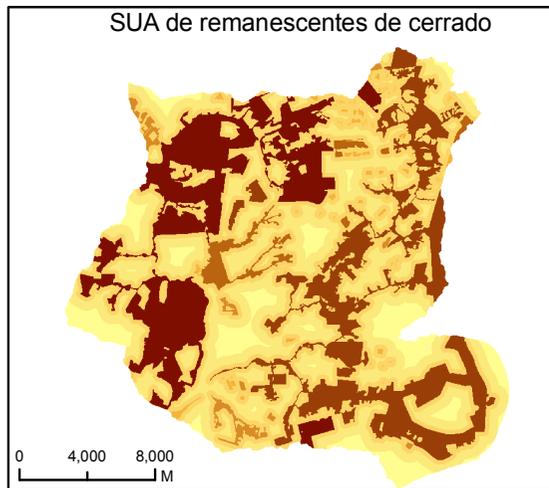
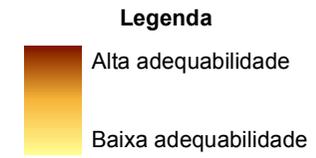
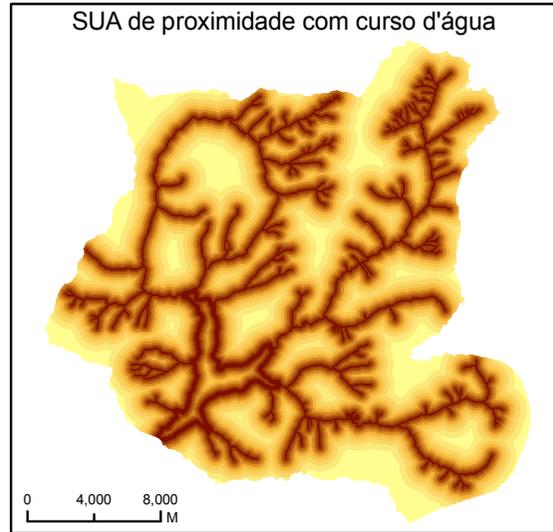
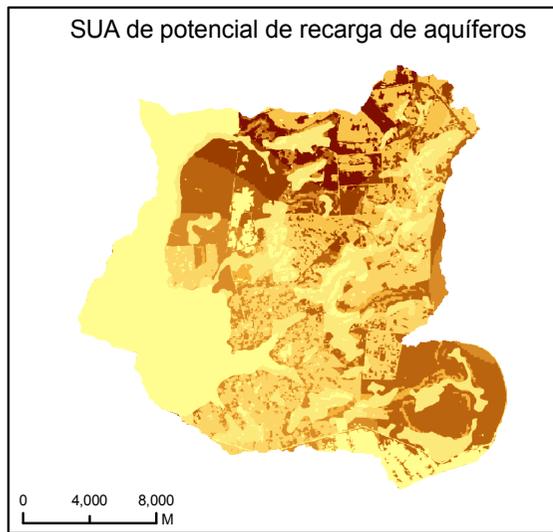


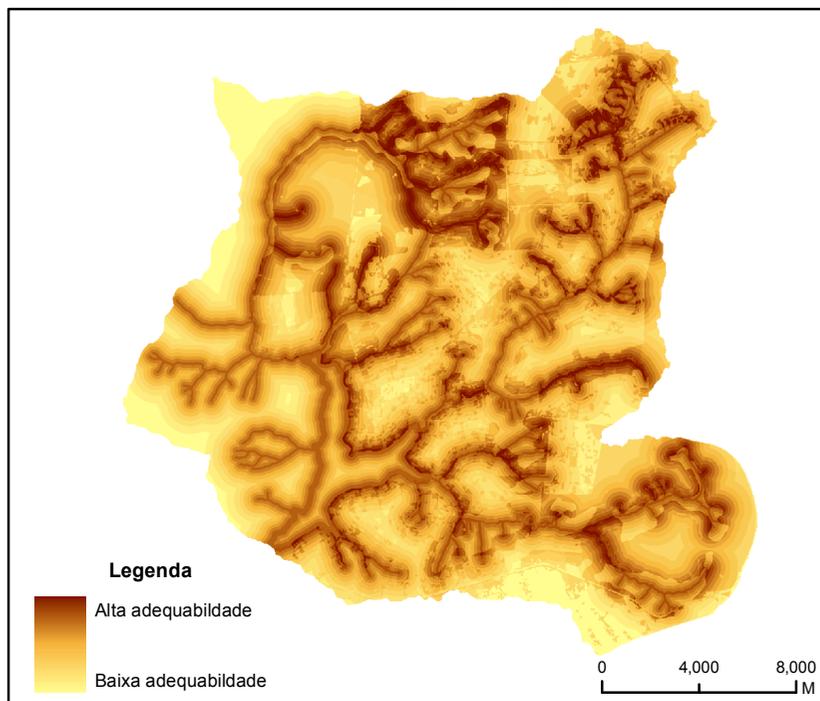
Figura 22. SUAs de Conservação elaborados.

O SUA de potencial de recarga de aquíferos apresentou uma variação de 0 a 37,29% da precipitação para a região da Bacia localizada no Distrito Federal, sendo que as áreas com melhores zonas de recarga estão localizadas em solos profundos e com baixo grau de inclinação, onde não tenha havido impermeabilização dos solos devido ao uso e ocupação (Gonçalves et al., 2009). Dessa forma, foi definido que as áreas com índices entre aproximadamente 25 a 37% são de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) para a recarga de aquíferos, enquanto as áreas com índices de 10 a 25% são de média adequabilidade (valores de 4 a 6) e as áreas com valores abaixo de 10% são de baixa adequabilidade (valores de 1 a 3). Devido a falta de dados disponíveis para a porção da bacia no estado de Goiás, 60,27% da bacia está com baixa adequabilidade enquanto 22,81% está enquadrado como alta adequabilidade (Figura 22).

Conforme descrito anteriormente, os objetivos relacionados à meta de manutenção da biodiversidade foram então combinados por meio de uma soma ponderada com igualdade entre os pesos utilizados, resultando em *Multiple Utility Assignment* (MUA) com alta adequabilidade nos fragmentos com maior compacidade próximo das unidades de conservação (UCs) e no *buffer* dos corredores ecológicos com a adequabilidade atenuada a medida que o afastamento das UCs aumenta e a relação área versus perímetro dos fragmentos diminui. O mesmo foi realizado para os objetivos da segunda meta porém com um maior peso destinado ao SUA de proximidade aos cursos d'água, resultando em um MUA com tais dados mais evidentes em relação ao outro SUA dessa meta e com maior proporção de valores de alta adequabilidade na porção do DF, como era de se esperar, devido à característica dos dados de potencial de recarga (Figura 23).

Posteriormente, esses dois MUAs elaborados foram combinados em um único plano de informação de conservação por meio de uma soma ponderada com igualdade entre os pesos, resultando em um MUA obtendo alta adequabilidade na região do *buffer* dos corredores ou em áreas próximas às UCs e às APPs, com fragmentos de alta compacidade; seguido pelas áreas um pouco mais afastadas e com fragmentos com menor compacidade mais ainda com potencial de recarga considerável, restando para as áreas com baixa adequabilidade áreas consideradas afastadas das UCs e cursos d'água e com fragmentos com menor relação área versus perímetro e baixo potencial de recarga (Figura 24).

MUA de manutenção da água



MUA de conservação da biodiversidade

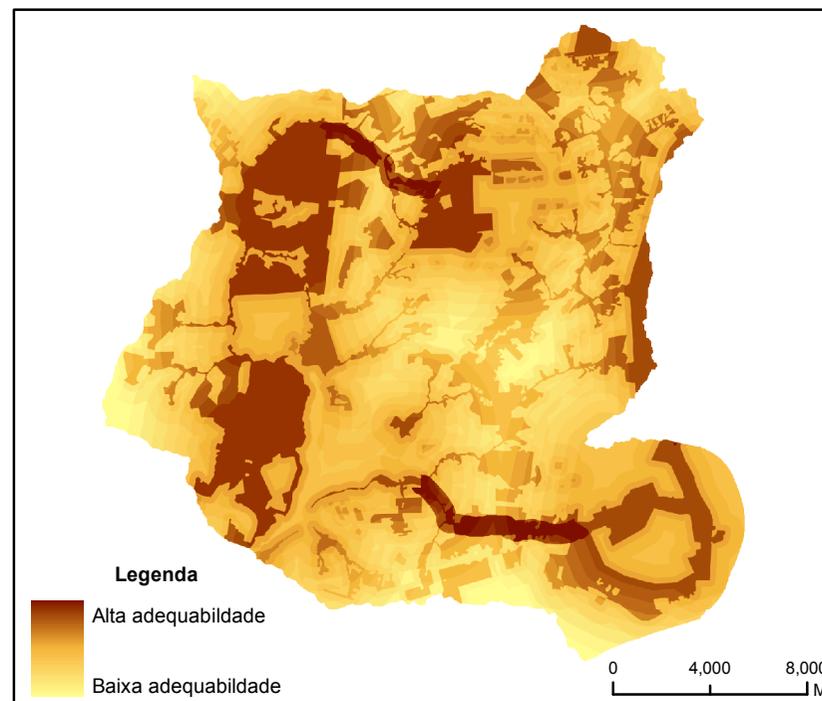


Figura 23. MUAs de Conservação elaborados.

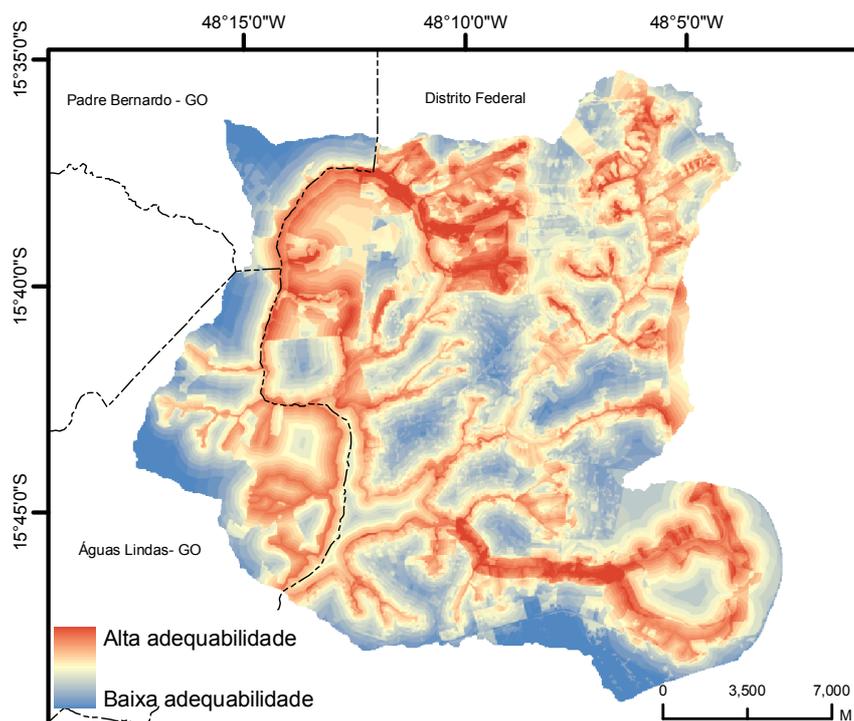


Figura 24. Plano de informação final de Conservação.

4.1.2. Agricultura

A identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento agrícola da região foi definido a partir da identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura familiar (meta 1) e da identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura patronal (meta 2). A determinação de tais metas foi abordada por meio da alocação de áreas fisicamente e economicamente adequadas para o desenvolvimento dos dois tipos de uso agrícola descritos, sendo dessa forma definidos os objetivos dentro de cada meta que agrupa seus subobjetivos específicos. Cada subobjetivo elaborado é formado por um *Single Utility Assignment* (SUA), contemplando temas relacionados à disponibilidade hídrica (subobjetivos 1.1.2 e 2.1.2), aos solos (subobjetivos 1.1.1 e 2.1.1), à declividade (subobjetivo 2.1.3), à distância em relação aos usos agrícolas existentes (subobjetivos 1.2.1 e 2.2.1), à distância das zonas urbanas consolidadas (subobjetivos 1.2.2 e 2.2.2) e à distância de estradas e grande porte e rodovias (subobjetivo 2.2.4) a fim de se alcançar tais objetivos e metas.

O SUA referente à disponibilidade hídrica leva em consideração a capacidade de retenção máxima do solo e os dados de pluviometria, representando uma estimativa de infiltração potencial das precipitações ocorrentes e portanto de disponibilidade de água nos solos (Gonçalves et al., 2009). Dessa forma, foi observado no dado de entrada um índice variando de 0 a 39,26% da precipitação, sendo as áreas com maior disponibilidade hídrica localizadas na porção norte da Bacia correspondendo a 11,24% do plano de informação. Devido ao método de classificação utilizado as áreas com índice acima de 28% foram considerada como de alta adequabilidade (valores de 7 a 9), as áreas com índices entre 11 e 28% foram consideradas como de média adequabilidade (valores de 4 a

6) e as áreas com índices abaixo de 11% assim como as áreas sem dado disponível foram consideradas como de baixa adequabilidade (valores de 1 a 3), correspondendo a 60,08% do plano de informação (Figura 25).

Os SUAs de solos remete á aptidão agrícola dos solos da Bacia levando em consideração o nível tecnológico, a intensidade do uso e as limitações encontradas, podendo essas serem relativas à deficiência de nutrientes, impedimentos à mecanização, excesso ou deficiência de água, entre outras (Ramalho Filho & Beek, 1995). Na região da Bacia foram encontrados solos com aptidão agrícola para lavouras, nos níveis tecnológicos B e C, para pastagem natural e plantada assim como áreas sem aptidão agrícola, destinadas à conservação, sendo os solos com maior proporção aqueles classificados como aptidão restrita para lavoura no nível tecnológico C (Spera et al., 2003). Baseado nessas informações e nas características dos sistemas produtivos da agricultura familiar e patronal foi elaborado o SUA de adequabilidade dos solos, tendo maior importância para a agricultura familiar os solos com aptidão agrícola para lavouras no nível tecnológico B, e para a agricultura patronal os solos com aptidão agrícola para lavouras no nível tecnológico C. Dessa forma, 5,93% do plano de informação foi alocado com valores de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) para a agricultura familiar enquanto no SUA destinado à agricultura patronal o valor foi de 32,31% (Figura 25).

Os SUAs de proximidade aos usos atuais do solo para agricultura familiar a patronal obtiveram como base a disposição espacial de tais usos, resultando em dois SUAs distintos. Tendo em vista que a agricultura familiar é mais expressiva na Bacia do Alto Rio Descoberto que a agricultura patronal, uma maior proporção do plano de informação do SUA de agricultura familiar foi destinado aos valores de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) que correspondem às áreas de uso e suas proximidades, com 79,94%; enquanto o SUA referente à agricultura patronal apresenta 54,07%. Além da dominância da agricultura familiar em relação a agricultura patronal na Bacia, tal uso encontra-se adensado e bem difundido na Bacia enquanto a agricultura patronal apresenta focos de uso pulverizados localizados principalmente na porção leste da Bacia (Figura 25).

Os SUAs para identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura familiar e patronal em relação à distância das zonas urbanas foram elaborados levando em consideração as características de cada sistema produtivo. No caso da agricultura familiar foi considerado que as áreas mais próximas das zonas urbanas seriam as mais adequadas para o desenvolvimento de tal atividade enquanto as áreas mais afastadas seriam as mais adequadas para o desenvolvimento da agricultura patronal. A partir do método de classificação adotado as áreas com distâncias de zero até a média dos dados obtidos foram alocados como de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) para o SUA de agricultura familiar e de baixa adequabilidade (valores de 1 a 3) para o SUA de agricultura patronal, correspondendo a 61,81% do plano de informação; enquanto os valores de duas vezes a três vezes o desvio padrão acima da média foram alocados como de baixa adequabilidade para o SUA de agricultura familiar e de alta adequabilidade para o SUA de agricultura patronal, correspondendo a 12,45% (Figura 25).

Os SUAs para identificação das áreas com parcelamento adequado para a agricultura familiar e agricultura patronal foram elaborados baseados em um zoneamento de tamanho de propriedades da região. Tendo em vista as características definidas para os sistemas de produção adotados na elaboração dos objetivos e metas, foram alocadas 34,4% do plano de informação do SUA voltado para a agricultura familiar como de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) enquanto para o SUA de agricultura patronal foram alocadas 51,84%, estando tais áreas dispostas principalmente na região central e norte da bacia, respectivamente. Apesar do dado de agricultura patronal possuir uma maior proporção de alta adequabilidade, o dado de agricultura familiar apresenta uma gradação maior de valores da escala do modelo proposto, permitindo mais possibilidades de resultados (Figura 25).

O SUA de distância às estradas de grande porte e rodovias foi definido como parâmetro somente para a identificação de áreas adequadas para a agricultura patronal, tendo em vista que os centros de consumo das mercadorias obtidas nesse sistema produtivo podem estar à distâncias consideráveis. Conforme esperado tal SUA apresenta alta adequabilidade (valores de 7 a 9) nas áreas mais próximas de tais estruturas viárias, exceto nas estradas propriamente ditas e nas áreas *non aedificandi* das rodovias, contemplando 65,02% do plano de informação desse SUA. Tais valores estão mais concentrados na porção nordeste da Bacia onde apresenta uma maior densidade das estradas de grande porte e rodovias (Figura 25).

Assim como o SUA referente a distância das estradas, o SUA contendo as adequabilidades derivadas dos dados de declividade foi elaborado somente para a meta 2, identificar áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura patronal. Os dados de declividade foram segmentados conforme as classes propostas pelo IBGE e reclassificadas de acordo com o sistema produtivo da agricultura patronal. Tendo em vista que a mecanização está envolvida nesse processo produtivo, as classes contendo relevos do tipo plano ou suavemente ondulado foram alocadas com valores de alta adequabilidade (valores de 7 a 9), correspondendo a 82,13% do plano de informação; enquanto as classes contendo os tipos de relevo ondulado, fortemente ondulado e montanhoso foram alocadas com valores de média (valores de 4 a 6) e baixa (valores de 1 a 3) adequabilidade (Figura 25).

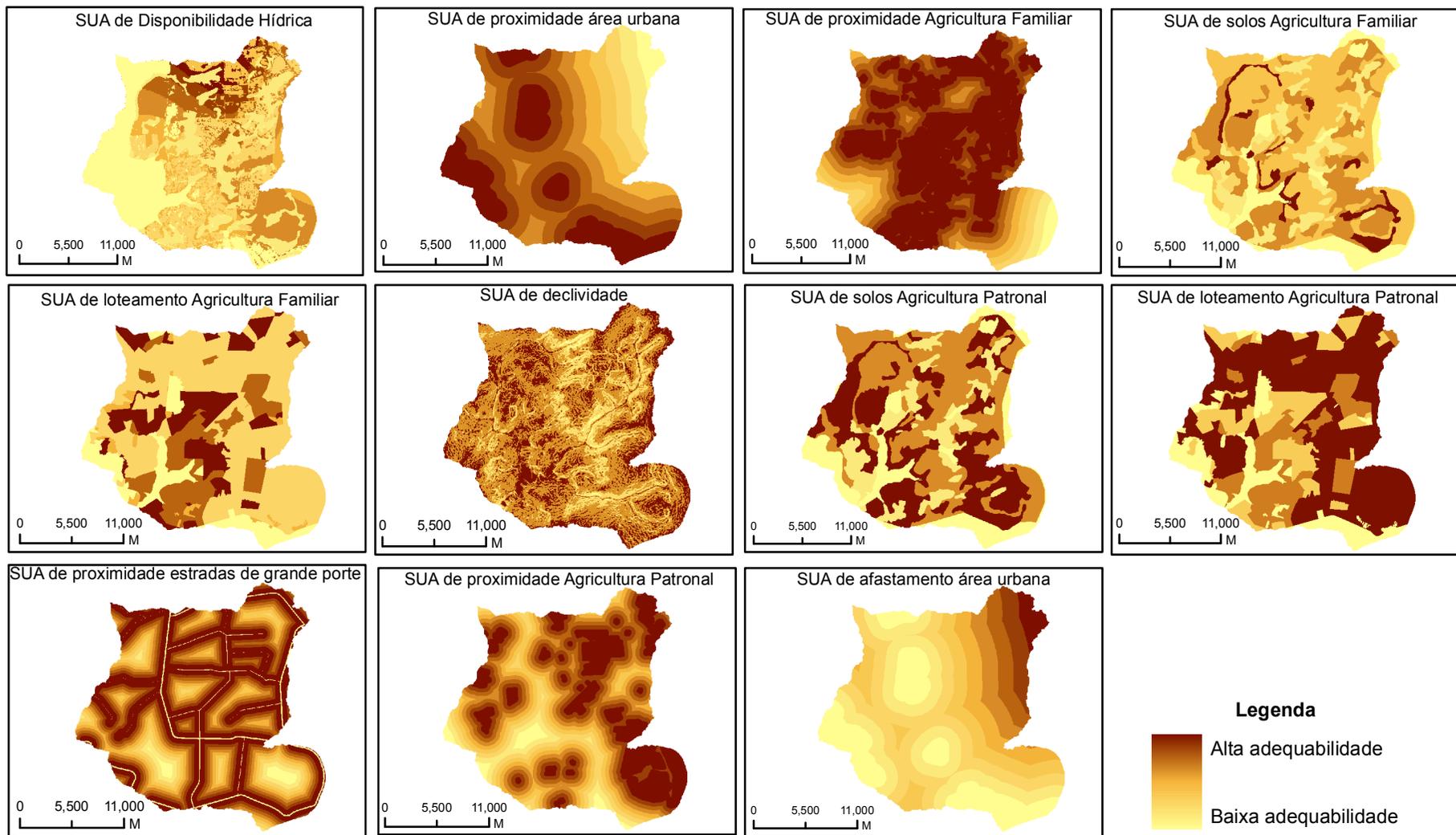


Figura 25. SUAs de Agricultura elaborados.

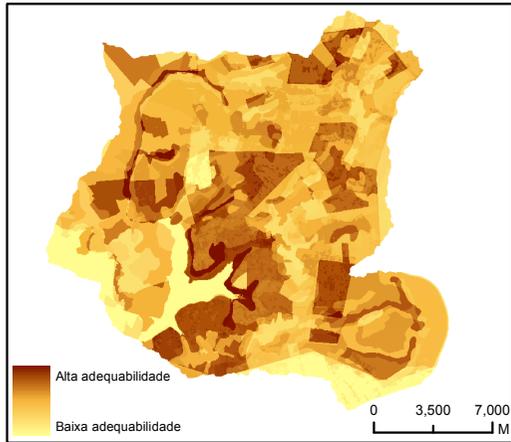
A identificação de áreas adequadas para a agricultura familiar foi elaborado por meio da combinação dos SUAs dos subobjetivos no âmbito de cada objetivo proposto, resultando em dois *Multiple Utility Assignments* (MUAs), um para cada objetivo. O MUA de identificação de áreas fisicamente adequadas foi obtido pela combinação dos SUAs de solos, disponibilidade hídrica e parcelamento do território, com maior contribuição do SUA de solos, seguido do SUA de parcelamento e por último do SUA de disponibilidade hídrica. Dessa forma, o dado apresenta como áreas de alta adequabilidade aquelas que tenham predominantemente altos valores nos SUAs de solos e/ou parcelamento com possíveis atenuações dos valores obtidos pelo dado de disponibilidade hídrica, estando tais áreas dispersas ao longo do território com uma concentração maior envolta do lago do Descoberto e próximos a alguns cursos d'água, enquanto as áreas de baixa adequabilidade estão principalmente dispostas nas extremidades do limite da Bacia e/ou áreas urbanas (Figura 26).

A identificação das áreas economicamente adequadas para agricultura familiar foi realizada pela combinação dos dados de proximidade com áreas urbanas e proximidade com os usos atuais, sendo considerado mais importante o último dado. Tendo em vista a grande extensão da agricultura familiar na Bacia, tal MUA resultou em áreas de alta adequabilidade em grande parte do plano de informação, havendo uma diminuição da adequabilidade na porção nordeste devido ao afastamento dos centros urbanos. Tais MUAs foram então combinados com igualdade de pesos em um único MUA referente a meta 1, sendo a disposição das áreas mais adequadas na porção central coincidindo com parte das áreas de agricultura familiar atuais que possuem alta adequabilidade física (Figura 26).

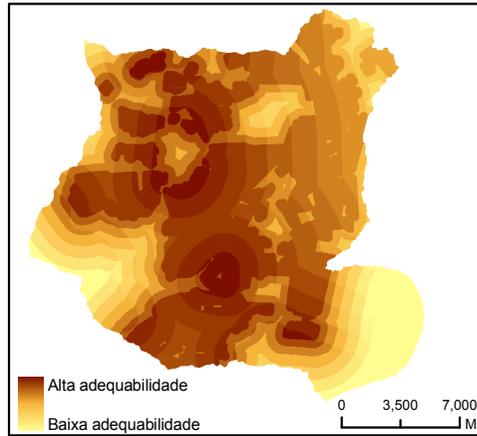
A identificação das áreas adequadas para a agricultura patronal foi determinado pela junção dos SUAs dos subobjetivos em MUAs representativos dos objetivos para servirem de dado de entrada para elaboração do MUA final da meta 2 conforme descrito na meta anterior. No caso da identificação das áreas fisicamente adequadas foi levado em consideração quatro SUAs, de solos, de parcelamento, de declividade e de disponibilidade hídrica, obtendo os dois primeiros SUAs o maior peso. O resultado obtido evidenciou, portanto, uma maior adequabilidade nas regiões com aptidão agrícola mais favoráveis ou em áreas de grandes propriedades, correspondendo principalmente às áreas nas regiões norte e sudeste (Figura 26).

A elaboração do MUA de áreas economicamente adequadas de agricultura patronal foi composta principalmente aos dados de proximidade com os usos atuais de agricultura patronal e de proximidade com estradas de grande porte e rodovias, seguido dos dados de afastamento dos centros urbanos. Dessa forma, a maior concentração das altas adequabilidades são encontradas na região nordeste onde ocorre uma densidade de tais estradas e proximidade com os usos atuais. A combinação dos dois MUAs finais dos objetivos apresentou como resultado a concentração de altas adequabilidades próximas das rodovias e estradas de grande porte que coincidem com áreas de baixo parcelamento rural além de haver uma diminuição da adequabilidade física em regiões economicamente não adequadas (Figura 26).

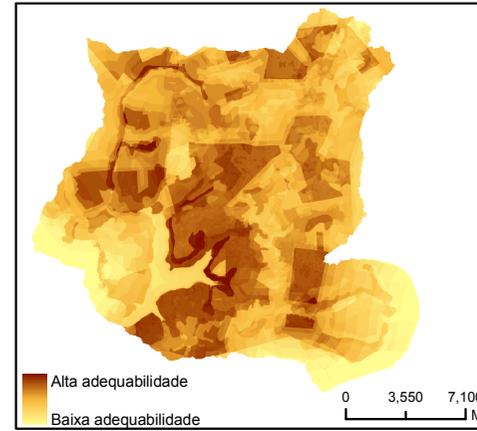
MUA físico da Agricultura Familiar



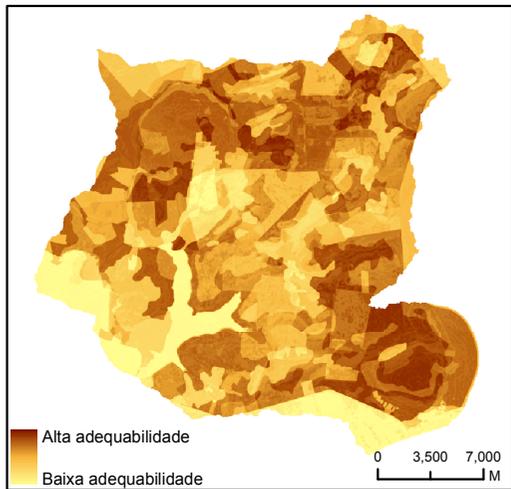
MUA econômico da Agricultura Familiar



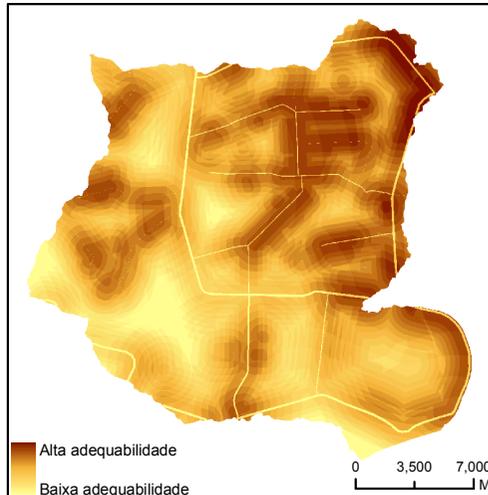
MUA de Agricultura Familiar



MUA físico da Agricultura Patronal



MUA econômico da Agricultura Patronal



MUA de Agricultura Patronal

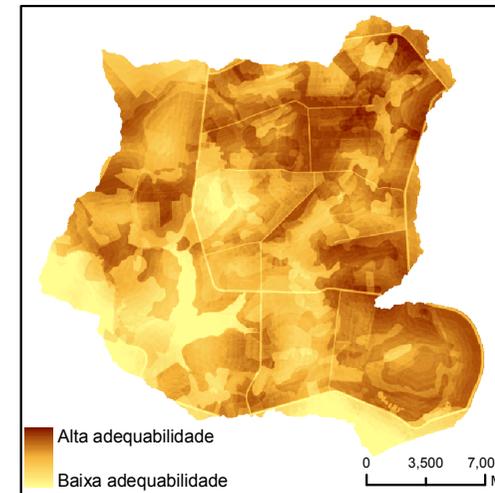


Figura 26. MUAs de Agricultura elaborados.

A identificação das áreas adequadas para o desenvolvimento da agricultura foi obtido a partir da soma ponderada dos MUAs de identificação de áreas adequadas para a agricultura familiar e patronal, obtendo maior peso o MUA referente à agricultura familiar. Dessa forma, as principais concentrações de alta adequabilidade à agricultura patronal localizadas nas regiões norte e sudeste foram atenuadas à média ou baixas adequabilidades devido às baixas adequabilidades para a agricultura familiar; em menor proporção foi observado um aumento de adequabilidade em áreas de baixa e média adequabilidade do plano de informação final de agricultura familiar (Figura 27).

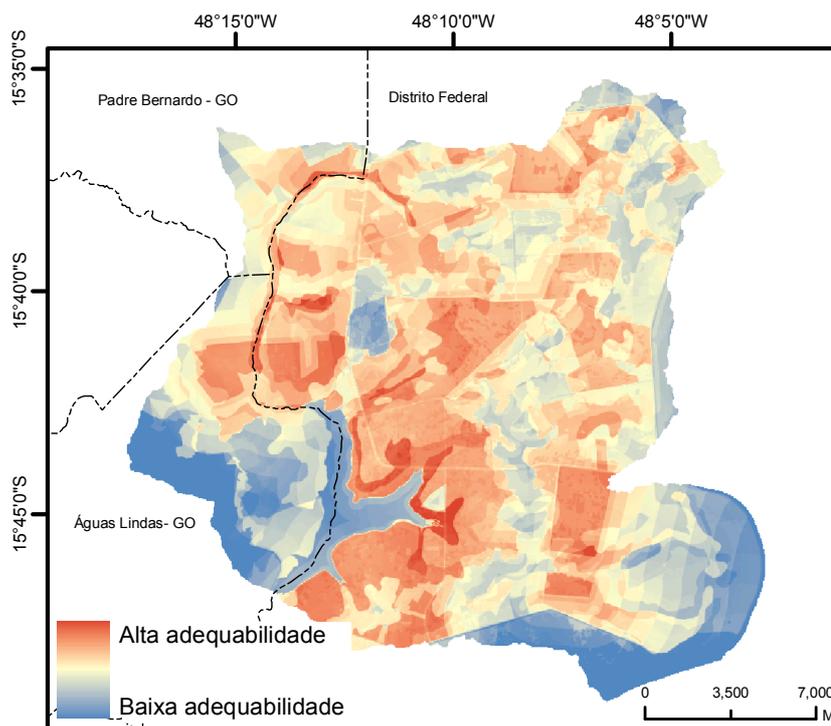


Figura 27. Plano de informação final de Agricultura.

4.1.3. Urbano

A identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano foi definida baseada na determinação de áreas adequadas para três tipos de uso urbano, a saber, uso residencial (meta 1), uso comercial (meta 2) e uso industrial (meta 3). Essas por sua vez foram divididas entre determinações físicas (objetivos) e econômicas (objetivos), agrupando os parâmetros específicos (subobjetivos) necessários para a identificação de áreas economicamente adequadas e fisicamente adequadas. Conforme descrito, o modelo parte da menor especificação definida para se obter o resultado final; dessa forma, o agrupamento dos subobjetivos compõem os objetivo e posteriormente as metas, determinando a alocação de cada tipo de uso a fim de que a combinação das metas culmine no resultado final de definição de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano.

Os subobjetivos elaborados para os três usos definidos são referentes à declividade (subobjetivos 1.1.2, 2.1.2 e 3.1.2), distância dos recursos hídricos (subobjetivos 1.1.1, 2.2.2 e 3.1.1), malha viária (subobjetivos 1.2.1, 2.2.1 e 3.2.1), densidade populacional (subobjetivos 1.2.3, 2.2.3 e

3.2.3) e proximidade com as áreas de uso já estabelecidas (subobjetivos 1.2.2, 2.2.2 e 3.2.2). Apesar dos temas permearem os três tipos de uso urbano definidos, há distinção entre a definição dos parâmetros adotados para melhor adequação de áreas para o uso residencial, comercial ou industrial.

Os SUAs elaborados referente à declividade levaram em consideração as regiões da Bacia com menores índices de declividade conforme as classes definidas pelo IBGE para a construção civil referente à ocupação urbana. Tendo em vista que a Bacia do Alto Rio Descoberto apresenta como característica um relevo predominantemente suave ondulado, 82,13% da região da Bacia foi definida com alta adequabilidade (valores de 7 a 9) para o uso comercial e industrial referente aos relevos planos e ondulados enquanto 99% da Bacia foi considerada com alta adequabilidade para o uso residencial considerado menos restritivo quanto ao relevo variando de ondulado a plano. Tais dados refletem os possíveis conflitos que podem existir na Bacia referente à ocupação urbana, agrícola e às áreas destinadas à conservação (Figura 28).

O SUA para identificação de áreas adequadas para o uso residencial, comercial e industrial em relação à distância com os cursos d'água da Bacia obtiveram os mesmos parâmetros definidos entre os três tipos de uso, tendo em vista que os impactos gerados por tal proximidade afetam igualmente esse usos, como por exemplo o risco de inundação. Tal SUA é o inverso do SUA de proximidade aos cursos d'água descrito na seção destinada aos resultados da conservação (objetivo 2.3). Dessa forma, esse SUA aponta como baixa adequabilidade para a ocupação urbana as áreas de preservação permanente (APP), anteriormente definidas como de alta adequabilidade para a manutenção da água, seguidas das áreas com média e alta adequabilidade, sendo essas as mais distantes dos cursos d'água e correspondendo a 31,20% do plano de informação (Figura 28).

Os SUAs elaborados referente à malha viária da região foi abordada de diferentes formas para cada tipo de uso urbano, a saber, proximidade às rodovias e estradas de grande porte no que diz respeito ao uso industrial (subobjetivo 3.2.1), proximidade às estradas de forma geral em relação ao uso comercial (subobjetivo 2.2.1) e densidade de estradas no que tange o desenvolvimento do uso residencial (subobjetivo 1.2.1). Conforme esperado, os SUAs do uso industrial e comercial apresentam alta adequabilidade nas regiões mais próximas às estradas, exceto nas estradas propriamente ditas e nas áreas *non aedificandi* de rodovias, denominadas faixa de domínio. Entretanto, devido à disponibilização espacial das estradas e à baixa densidade de estradas de grande porte e rodovias em relação às estradas totais, o SUA do subobjetivo 3.2.1 apresentou um intervalo maior de valores de distância euclidiana o que resultou em um maior número de valores por classe; dessa forma, 65% do plano de informação apresenta alta adequabilidade para o uso industrial contra 38,95% para o uso comercial. No caso do uso residencial o parâmetro adotado foi a densidade ao invés da proximidade, resultando em 19,56% do plano de informação com valores considerados de alta adequabilidade. Tais áreas coincidem com as áreas urbanas atuais consolidadas e aponta as proximidades das áreas urbanas e de áreas rurais isoladas dos centros urbanos com uma ocupação mais intensa devido ao adensamento das estradas (Figura 28).

Os SUAs referente aos dados de densidade populacional tiveram duas abordagens, uma relacionada à alta densidade populacional utilizados para definição de adequabilidade dos usos comerciais e residenciais, e outra relacionada à baixa densidade populacional utilizada para definição de adequabilidade do uso industrial. O primeiro SUA apresenta como alta adequabilidade (valores de 7 a 9) as áreas de alta densidade populacional que coincidem com a maior parte das áreas urbanas atuais da Bacia e que correspondem a 5,38% do plano de informação. O segundo SUA é o oposto do primeiro e apresenta como alta adequabilidade as áreas com baixa densidade populacional que é composta em sua grande maioria por áreas rurais e áreas delimitadas como unidades de conservação, correspondendo a 89,65% do plano de informação. Nos dois SUAs as áreas com média densidade populacional correspondem a áreas menos populosas dentro dos centros urbanos e a áreas com ocupação intensa porém não caracterizadas como urbanas (Figura 28).

Os SUAs de proximidade aos usos atuais de uso urbano residencial, comercial e industrial resultaram em três SUAs distintos devido às características espaciais dos dados de entrada pois o uso industrial é encontrado na Bacia somente nas regiões urbanas de Brazlândia e de Taguatinga/Ceilândia de forma bem concentrada, os usos comerciais são encontrados nas regiões urbanas de quase todas as regiões urbanas da Bacia, exceto Padre Bernardo, de foram mais pulverizada, enquanto os usos residenciais são encontrados em todas as regiões urbanas. Além das características de disposição, tais usos encontram-se em proporções diferentes, sendo o uso residencial de maior proporção, seguido do uso comercial e por fim do uso industrial. Devido a tais diferenças foi necessário uma diferenciação na classificação dos dados conforme descrito no material e métodos, tal diferenciação permitiu uma maior concentração dos valores de alta adequabilidade (valores de 7 a 9) nas proximidades dos usos. Dessa forma, no SUA voltado para o uso industrial foi alocado 24,16% do plano de informação com valores de alta adequabilidade, no SUA do uso comercial foi alocado 33,38% e no SUA de uso residencial 33,56% (Figura 28).

A identificação de áreas adequadas para o uso residencial foi então elaborado a partir da combinação dos SUAs de declividade e distância aos cursos d'água, obtendo maior peso o SUA de declividade, resultando em um *Multiple Utility Assignment* (MUA) do objetivo de identificação de áreas fisicamente adequadas com baixa adequabilidade próximos aos cursos d'água, principalmente nas áreas que coincidem com baixa adequabilidade de declividade e com alta adequabilidade nas áreas com alta adequabilidade de declividade e com valores de moderada a alta adequabilidade de distância aos cursos d'água (Figura 29).

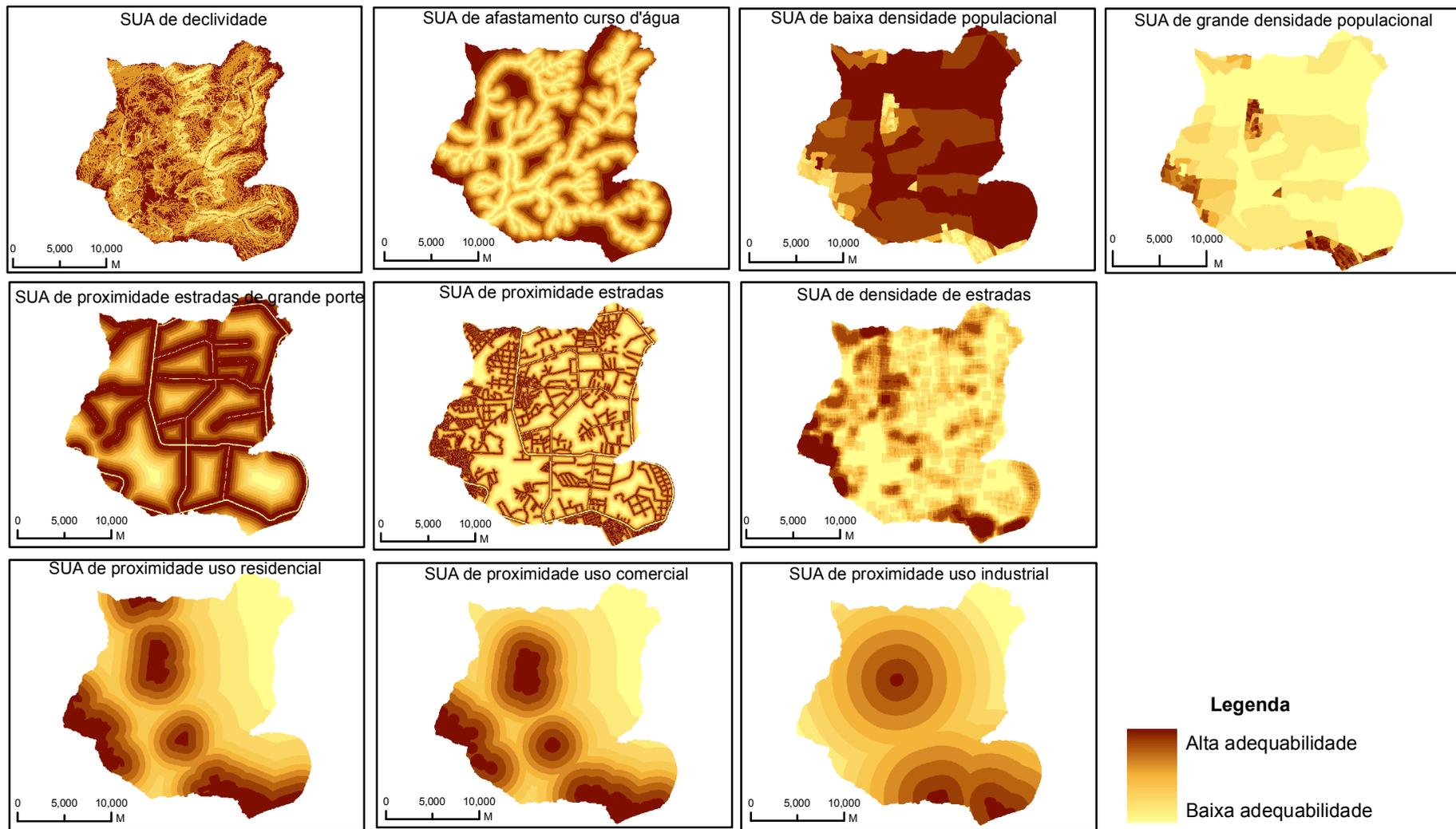


Figura 28. SUAs de Urbano elaborados.

Os SUAs relacionados ao objetivo de identificação de áreas economicamente adequados também foram combinados sem distinção de peso, obtendo um MUA com alta adequabilidade em áreas urbanas residenciais atuais e proximidades, principalmente em áreas que coincidam altos valores de adequabilidade de todos os SUAs. Por fim os dois MUAs descritos foram combinados com igualdade de pesos no MUA final de identificação de áreas adequadas para o uso residencial, apresentando uma diminuição de adequabilidade em áreas de alta adequabilidade econômica mas com baixa adequabilidade física e potencializando áreas com valores de moderada a baixa adequabilidade econômica por meio da alta adequabilidade física (Figura 29).

A identificação de áreas adequadas para o uso comercial foi elaborado por meio das combinações dos SUAs de cada objetivo, gerando os MUAs a serem combinados em um único MUA representativo da meta 2. Os mesmos parâmetros adotados no uso residencial foram utilizados na elaboração do MUA do objetivo de identificação de áreas fisicamente adequadas, porém tal MUA apresenta uma suavização do MUA da meta residencial devido aos menores valores de adequabilidade em relação à declividade. Os SUAs do objetivo de identificação de áreas economicamente adequadas para o uso comercial foram combinados com maior peso o SUA de alta densidade populacional, seguido do SUA de proximidade aos usos comerciais atuais, e por fim o SUA de proximidade de estradas.

O resultado desse MUA obtido revelou maior adequabilidade nas áreas próximas dos usos atuais e nas proximidades de estradas próximas aos centros urbanos, sendo os valores mais altos em áreas de alta densidade populacional. Tal resultado foi impulsionado pelo maior peso destinado ao SUA de alta densidade populacional que possibilitou uma maior concentração dos altos valores de adequabilidade próximo aos centros urbanos tendo em vista que fora de tais zonas são encontrados baixos valores de adequabilidade. O MUA final do uso comercial foi elaborado conforme descrito no uso residencial, havendo uma expansão da concentração envolta dos centros urbanos e surgimento de alguns pontos isolados devido a alta adequabilidade física (Figura 29).

A identificação de áreas adequadas para o uso industrial foi determinada conforme descrito nos outros usos, sendo utilizado como MUA do objetivo de identificação de áreas fisicamente adequadas o mesmo elaborado no objetivo correspondente da meta de uso comercial. Os SUAs relacionados ao objetivo de identificação de áreas economicamente adequadas para o uso industrial foram combinados por meio de uma soma ponderada com maior peso ao SUA de proximidade aos usos industriais atuais, seguido do SUA de baixa densidade populacional e de proximidade a estradas de grande porte e rodovias.

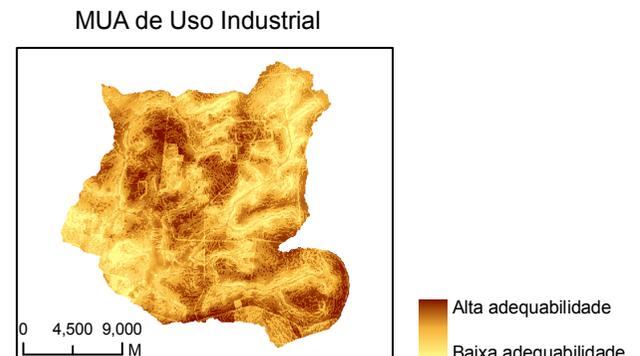
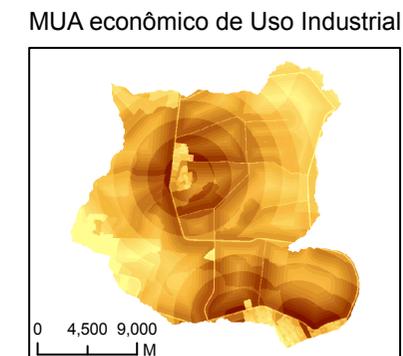
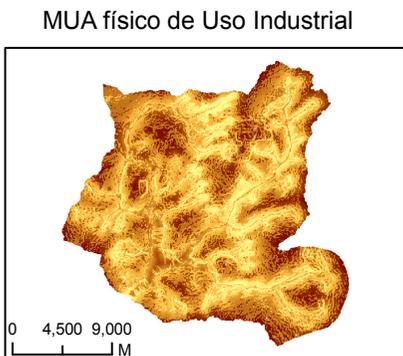
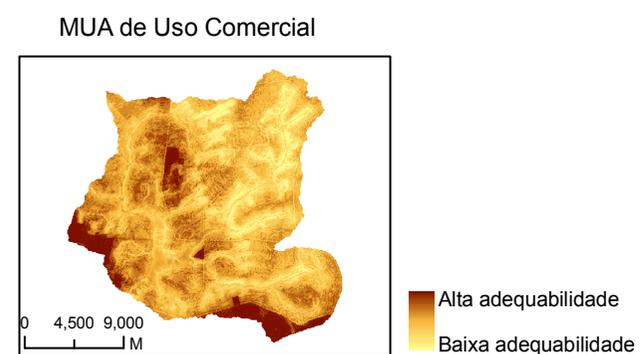
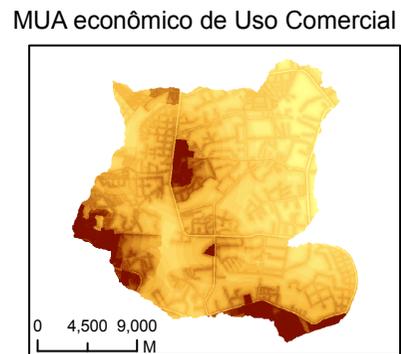
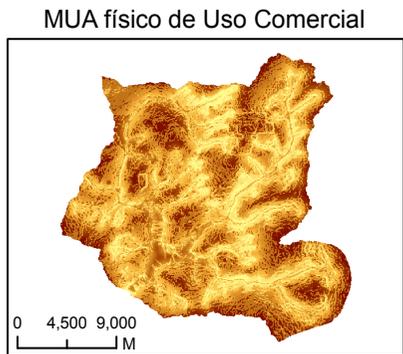
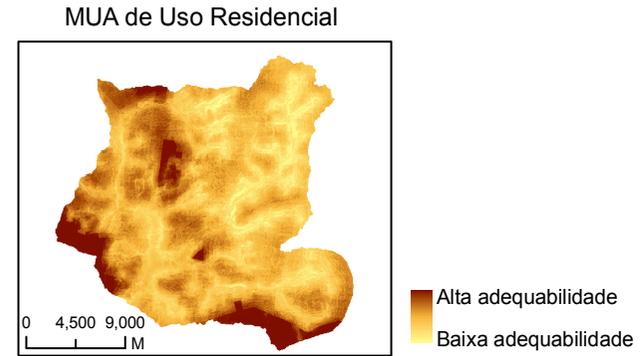
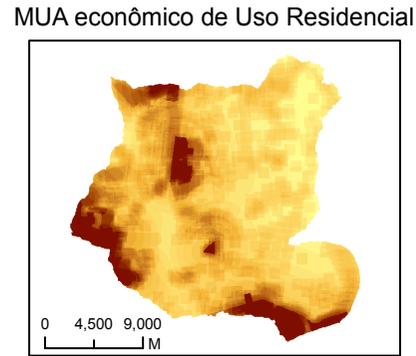
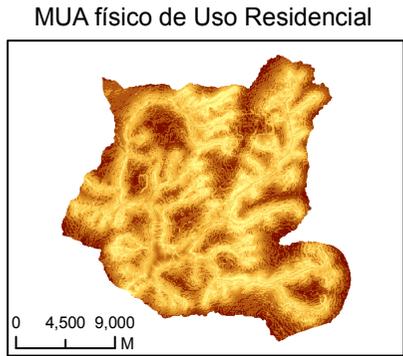


Figura 29. MUAs de Urbano elaborados.

Tendo em vista a alta proporção de áreas com alta adequabilidade de densidade populacional, o maior peso destinado a proximidade dos usos atuais permitiu uma maior concentração dos valores de alta adequabilidade envolta dos centros urbanos e de rodovias próximas aos centros urbanos. Dessa forma, os valores de alta adequabilidade encontram-se principalmente em áreas dentro da zona urbana consolidada com média adequabilidade relacionada à densidade populacional e próximas aos usos industriais atuais assim como nas proximidades das estradas de grande porte mais próximas aos centros urbanos e com baixa densidade populacional. O MUA final de identificação de áreas adequadas para o uso industrial foi elaborado conforme descrito nas metas anteriores, resultando na expansão de valores de alta adequabilidade desconexos da zona urbana porém mais próximos das estradas de grande porte e rodovias devido a alta adequabilidade para tais áreas no MUA de áreas fisicamente adequadas (Figura 29).

O plano de informação final de identificação de áreas adequadas para o desenvolvimento urbano foi elaborado por meio da soma ponderada dos MUAs de uso residencial, comercial e industrial acima descritos. Tais MUAs foram combinados de forma que o MUA de uso residencial obteve o maior peso, seguido do MUA de uso comercial e por fim do MUA de uso industrial, resultando em um MUA com alta adequabilidade em áreas urbanas consolidadas atuais e nas suas proximidades assim como em alguns novos focos isolados; além disso, revelou baixa adequabilidade, principalmente, em áreas próximas dos cursos d'água, com declividade menos propícia para o desenvolvimento urbano e em áreas mais afastadas das zonas urbanas. Tal resultado foi obtido por meio da atenuação dos valores de adequabilidade do MUA de uso residencial quando encontrados baixos valores de adequabilidade nos demais MUAs assim como pela potencialização dos valores de adequabilidade na situação oposta (Figura 30).

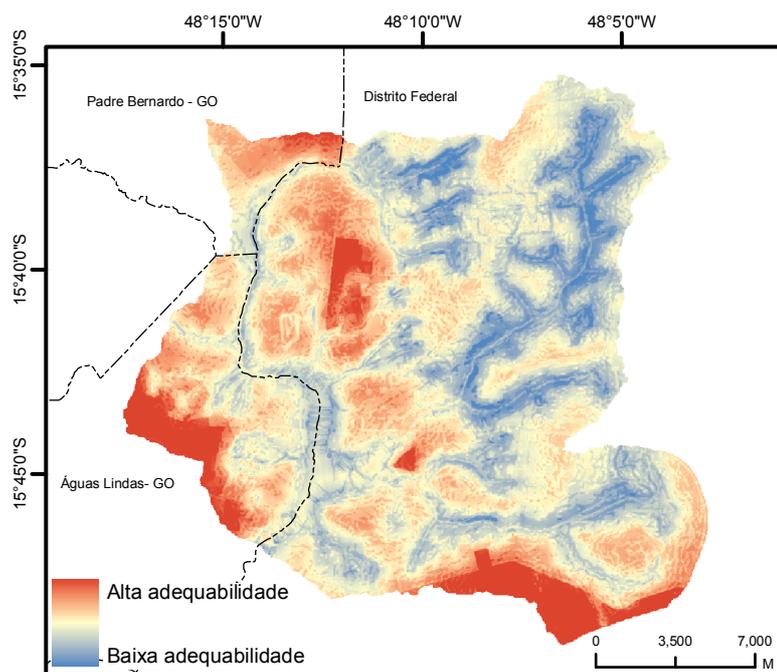


Figura 30. Plano de informação final de Urbano.

4.2. Resultados da análise de conflitos

A análise de conflitos permite a identificação de áreas de possível disputa entre as três categorias de uso propostas, a saber, conservação, agricultura e urbano por meio da comparação dos planos de informação de preferência elaborados na etapa anterior, definidos no âmbito do modelo como *Multiple Utility Assignment* (MUA) por compreenderem múltiplos propósitos advindos dos *Single Utility Assignments* (SUAs) que representam a adequabilidade de acordo com a localização e os atributos de uma única feição. Dessa forma, é possível identificar quais áreas são mais adequadas para a conservação, o desenvolvimento agrícola ou urbano quando apresentar maior valor de adequabilidade que os demais planos de informação envolvidos, além de possibilitar a visualização das áreas em conflito, ou seja, que apresentam pelo menos dois usos com iguais valores de adequabilidade preponderante aos demais valores.

Tendo em vista que as zonas urbanas consolidadas assim como os cursos d'água dos rios perenes e os espelhos d'água dos reservatórios não são passíveis de conflitos pois são áreas com usos permanentemente alocados, tais regiões foram retiradas do modelo. As unidades de conservação também foram retiradas da análise de conflitos pois foram legalmente demarcadas para fins de conservação, e, portanto, já possui um uso alocado. Tais áreas possuem restrições de uso e ocupação de acordo com as categorias definidas no processo de criação, o que coíbe os processos de parcelamento do solo e de urbanização. Entretanto, é possível visualizar conflitos atuais dentro das UCs, principalmente na FLONA do Descoberto, entre as determinações e restrições voltadas para conservação dessas áreas e os anseios de ocupação da população local. Nesse sentido foi feita uma segunda análise de conflitos somente para as regiões das UCs, a ser tratado posteriormente nesse capítulo.

A primeira análise de conflitos consistiu no estudo das áreas não englobadas nas zonas urbanas, unidades de conservação, águas superficiais dos rios e espelhos d'água dos reservatórios, contemplando 63,37% do plano de informação (Tabela 9). Devido às adequabilidades definidas anteriormente para cada tipo de uso dentro das três grandes categorias e, conseqüentemente, para cada categoria, foi obtido como resultado a alocação de 44,04% do plano de informação em áreas de conflito que variam de moderado a intenso, assim como a determinação de uma entre as três categorias de uso para o restante do dado obtido (55,96%), que não obteve conflito (Figura 31).

Tabela 9. Tabela dos valores obtidos, em km², na análise de conflitos da Bacia.

	Categoria	Área km²
conflito	intenso	20,53
	moderado agricultura e conservação	65,65
	moderado urbano e agricultura	31,28
	moderado conservação e urbano	3,02
sem conflito	agricultura	108,90
	urbano	9,76
	conservação	34,44

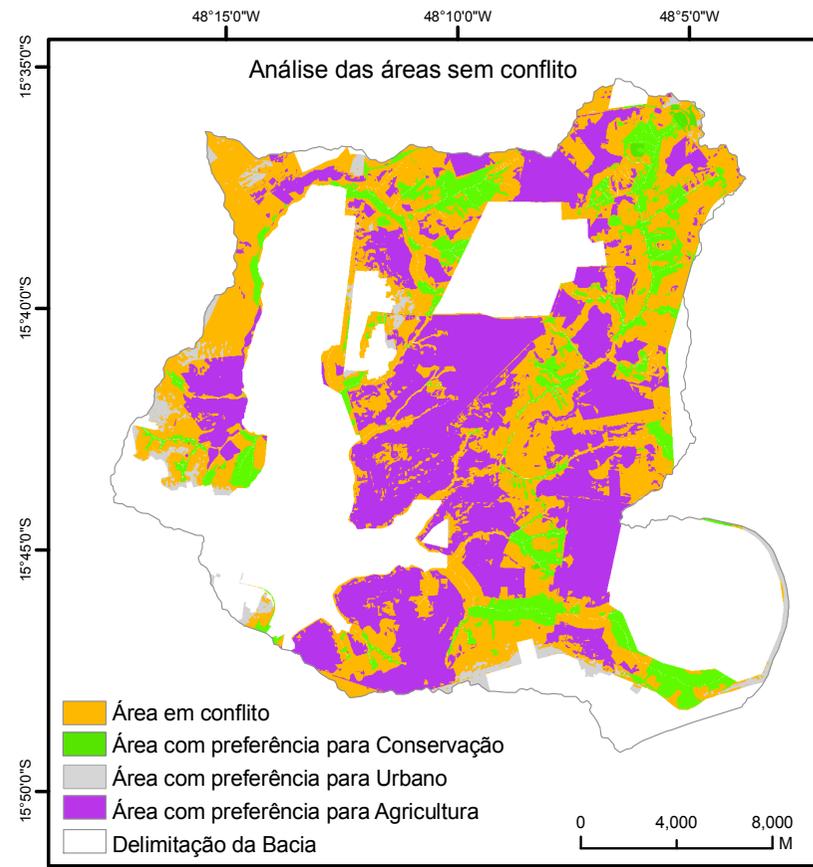
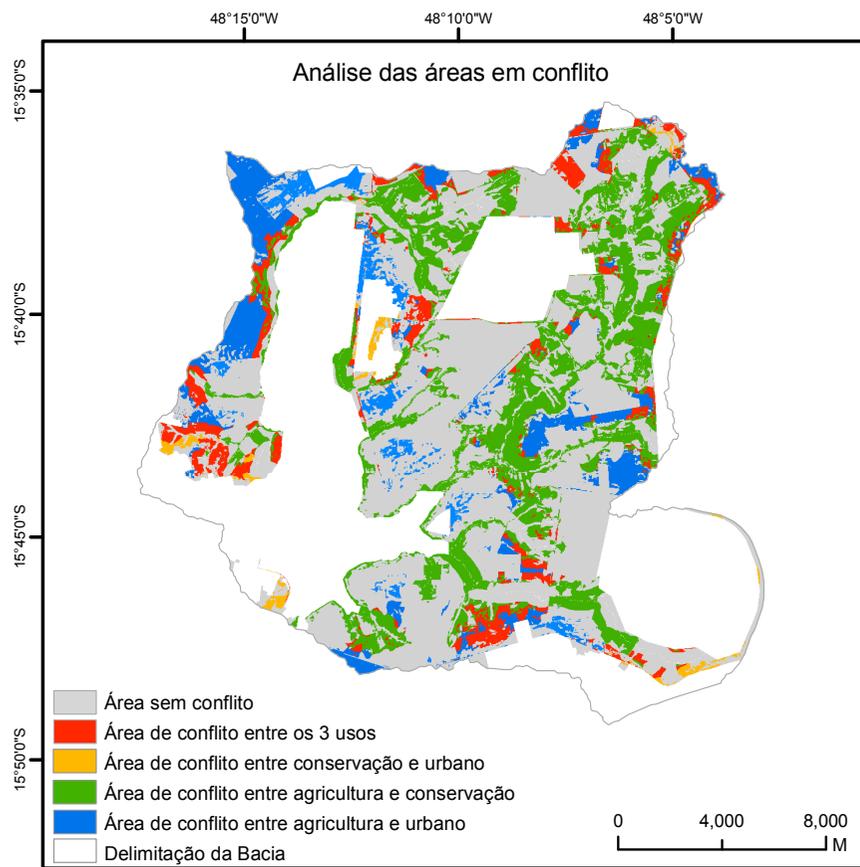


Figura 31. Análise de conflitos da Bacia.

As áreas que obtiveram determinado valor de adequabilidade de uma categoria de uso específica acima do valor das demais categorias são áreas denominadas sem conflito. No âmbito dos 55,96% do plano de informação com tal definição, foram destinados 3,57% para o desenvolvimento urbano, seguido de 12,59% destinados à conservação e de 39,80% destinados ao desenvolvimento agrícola. No caso das áreas destinadas ao desenvolvimento urbano, tais áreas estão localizadas principalmente próximos dos centros urbanos atuais e com altos índices de densidade de estradas indicativas de parcelamento do solo resultantes do MUA de adequabilidade residencial que obteve maior preferência na destinação da categoria urbana. No caso das áreas destinadas para a conservação encontram-se as algumas faixas ao longo dos rios, a região da nascente de um rio próximo à FLONA do Descoberto na porção sudeste que não se encontra nas delimitações da UC assim como parte da área alocada aos corredores ecológicos durante a construção das adequabilidades. No caso das áreas destinadas ao desenvolvimento agrícola, houve uma maior expressão de tal uso corroborando com as adequabilidades levantadas nos SUAs elaborados e com a vocação agrícola da Bacia, coincidindo com algumas áreas já utilizadas para tal fim (Figura 31).

As áreas que obtiveram duas categorias com o mesmo valor de adequabilidade com preponderância sobre a terceira categoria são áreas de moderado conflito, enquanto as áreas que obtiveram o mesmo valor de adequabilidade para as três categorias são áreas de intenso conflito. Considerando os 44,04% do plano de informação com identificação de conflito, foi observado 7,50% de conflito intenso entre as três categorias de uso, seguido por 36,53% de conflito moderado relacionando somente duas das três categorias de uso. Ao diferenciar os tipos de conflito moderado foi possível constatar que a maioria de tais conflitos correspondem aos conflitos entre conservação e agricultura com 24%, seguido dos conflitos entre agricultura e urbano com 11,43% e por fim os conflitos entre urbano e conservação com 1,10%.

As áreas com conflitos entre urbano e conservação estão localizadas nos arredores dos centros urbanos e de estradas próximas a esses, em áreas que coincidam com certo nível de proximidade às unidades de conservação e cursos d'água. As regiões de conflito entre agricultura e conservação estão localizadas em parte das áreas definidas como adequadas para os corredores ecológicos, sendo que um desses corredores localizado na região norte está inserido em uma área de adequabilidade considerável para conservação devido a alta densidade de nascente e proximidade com duas das três glebas da FLONA localizada na Bacia que apresenta partes em conflito com o uso agrícola, além de algumas áreas próximas dos cursos d'água dispostas ao longo do território. As áreas em conflito entre o uso urbano e agrícola estão dispostas próximas às áreas urbanas atuais assim como em focos isolados que apresentam uma maior densidade de estradas, como na porção oeste, próximo a Águas Lindas, na porção noroeste no município de Padre Bernardo e na porção central do território da Bacia próximo ao INCRA 08 (Figura 31).

A segunda análise de conflitos consiste no estudo do território das unidades de conservação abrangidas pela Bacia do Alto Rio Descoberto. Apesar de tais áreas estarem legalmente destinadas à conservação, atualmente existem conflitos nesses territórios pela ocupação e uso irregular impulsionados pela expansão urbana e agrícola. Nesse sentido, a análise de conflitos realizada para essa região revelou que mais da metade do território (51,47%) encontra-se em algum nível de conflito entre as três categorias de uso, a saber, conservação, agrícola e urbano; enquanto as demais áreas (48,53%) foram designadas a um desses usos a partir das adequabilidades definidas anteriormente para a Bacia do Alto Rio Descoberto (Tabela 10).

Tabela 10. Tabela dos valores obtidos, em km², na análise de conflitos das UCs da Bacia.

Categoria		Área km ²
conflito	intenso	20,23
	moderado agricultura e conservação	25,10
	moderado urbano e agricultura	4,04
	moderado conservação e urbano	7,98
sem conflito	agricultura	13,47
	urbano	4,04
	conservação	36,57

As regiões das UCs que apresentaram uma adequabilidade maior para uma das três categorias de uso apresentaram uma maior proporção para a conservação contemplando 32,82% do plano de informação. Tais áreas encontram-se principalmente ao redor do lago do Descoberto na porção do estado de Goiás e envolta dos cursos d'água. A segunda maior destinação do território foi designada à agricultura com 12% do plano de informação, e ocupando parte das glebas da FLONA, principalmente na gleba localizado a oeste da Bacia onde atualmente existe um parcelamento do solo. As demais áreas, que correspondem a 3,63%, foram destinadas ao desenvolvimento urbano, tais áreas estão localizadas próximas à região norte de Brazlândia, na porção sul do parque estadual próximo à Águas Lindas assim como na gleba da FLONA localizada ao sul da Bacia por onde passa uma rodovia, próximo à Taguatinga e Ceilândia (Figura 32).

As áreas do território das unidades de conservação que apresentaram no mínimo dois valores iguais de adequabilidade preponderante são definidas como em conflito devido a vocação de tal área para mais de uma categoria de uso definida. Os conflitos intensos constituem mesmos valores de adequabilidade para as três categorias de uso, tais regiões estão dispostas em sua grande maioria na gleba da FLONA localizada na região norte da Bacia assim como no Parque estadual e no Parque nacional de Brasília, ocupando 18,15% do plano de informação de análise. As demais áreas de conflito constituem conflitos moderados que são caracterizados por dois usos com iguais adequabilidades preponderantes, ocupando 33,32%, sendo tais conflitos mais observados entre a conservação e os demais usos.

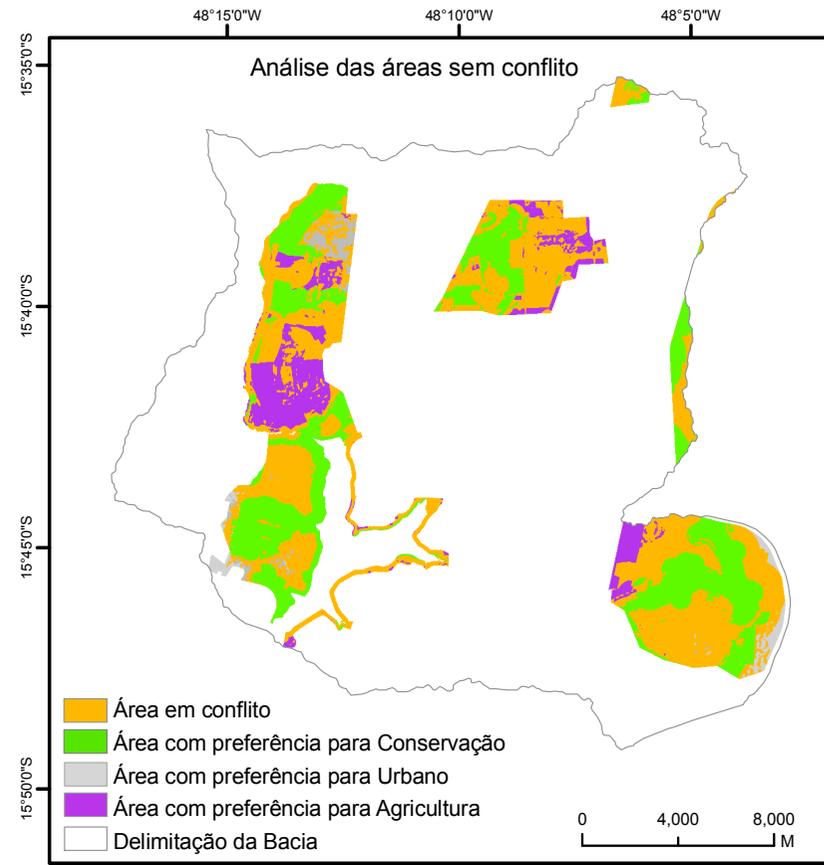
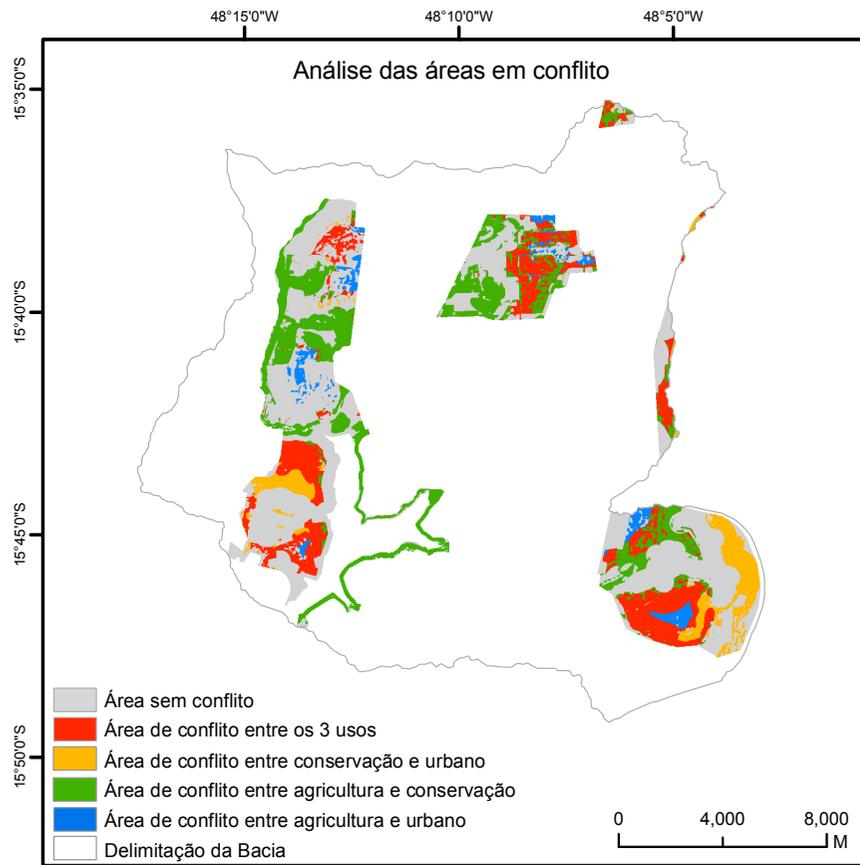


Figura 32. Análise de conflitos das Unidades de Conservação.

Os conflitos entre conservação e agricultura ocupam 22,53% do plano de informação e estão localizados em praticamente toda a extensão da Reserva Biológica (REBIO), e nas glebas da FLONA localizadas na região oeste e norte da Bacia. Os conflitos existentes entre conservação e urbano correspondem a 7,16% e estão localizadas nas proximidades de Águas Lindas no Parque estadual, sendo uma possível expansão do centro urbano, assim como na gleba da FLONA localizada na região sul da Bacia devido às tendências de urbanização próximo às estradas. Os demais conflitos existentes são entre agricultura e urbano com 3,63%, possuindo pouca expressividade e com distribuição dispersa ao longo das unidades de conservação, exceto o Parque nacional de Brasília (Figura 32).

A partir da análise de conflitos obtida é possível simular diferentes cenários de futura ocupação do solo a partir da designação das áreas em conflito para um dos usos dentre os demais. Nesse sentido, foram elaborados dois cenários, um denominado desenvolvimentista e outro denominado conservacionista. Esses cenários simulados não possuem uma definição temporal específica, pois não são baseados em análises de padrões e taxas de conversão do uso e ocupação do solo do território. No entanto, levam em consideração as potencialidades máximas para cada uso obtidas por meio do modelo LUCIS e as possibilidades de tendência de ocupação da Bacia, caso sejam adotadas medidas e políticas voltadas para a conservação ou para o desenvolvimento urbano-agrícola da região, sendo elucidativos no âmbito da gestão e planejamento do território.

O primeiro cenário, desenvolvimentista, contempla as tendências expansionistas da ocupação urbana sobre a expansão agrícola e em detrimento das áreas destinadas à conservação, sendo destinadas ao uso urbano as áreas de intenso e moderado conflito entre os demais usos, e destinadas à agricultura as áreas de moderado conflito entre agricultura e conservação. O segundo cenário, conservacionista, é voltado para a manutenção dos recursos naturais e contenção da expansão urbana, sendo destinadas à conservação as áreas de intenso e moderado conflito entre os demais usos, e destinadas à agricultura as áreas de moderado conflito entre agricultura e o uso urbano.

Dessa forma, o primeiro cenário leva em consideração o aumento populacional e a manutenção da densidade demográfica, necessitando de mais áreas na zona urbana consolidada para abrigar tal aumento esperado, bem como o incentivo ao desenvolvimento agrícola da região. O segundo cenário leva em consideração o adensamento urbano em vez da expansão territorial como resposta ao aumento populacional por meio de políticas de contenção de tal expansão, assim como de políticas que promovam a manutenção dos recursos naturais na zona rural (Figura 33).

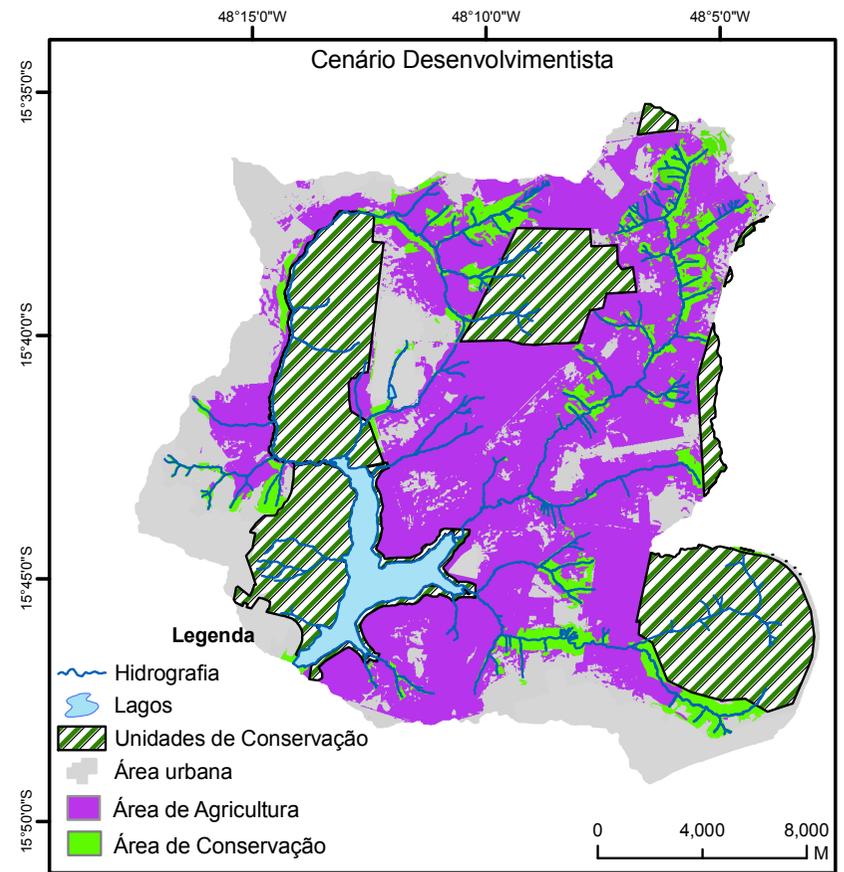
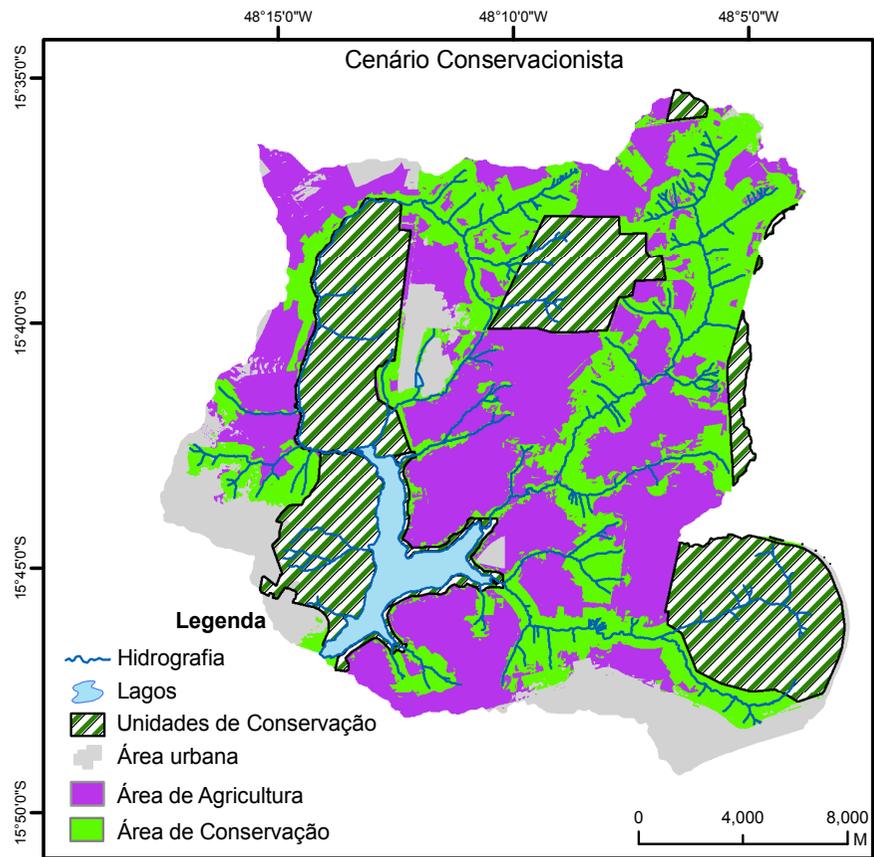


Figura 33. Simulação de cenários.

5. Discussão

O modelo LUCIS adotado nesse trabalho tem como principal objetivo identificar as áreas de possíveis conflitos de território entre os usos destinados à conservação, à agricultura e ao desenvolvimento urbano. Tal modelo, baseado em Sistemas de Informações Geográficas (SIG), apresenta como vantagem a flexibilização do modelo conceitual (metas e objetivos), dos dados de entrada a serem consumidos pelo modelo e dos parâmetros adotados para o alcance dos resultados intermediários e finais, abrangendo o conhecimento do usuário e as tomadas de decisão dos atores envolvidos, além de permitir a simulação de cenários de uso e ocupação do solo. Outra vantagem observada na estrutura do modelo, é o incentivo da realização de grupos de trabalho, um para cada categoria de uso, a fim de captar as intenções, necessidades e preferências entre o meio acadêmico, o poder público e a sociedade civil (Carr & Zwick, 2007).

Entretanto, apesar do modelo LUCIS permitir a simulação de cenários referentes ao uso e ocupação do solo a partir dos resultados das análises de conflito existentes entre as três categorias de uso, tal projeção não apresenta uma escala temporal de análise e não se baseia em taxas e padrões de conversão do uso e ocupação do solo, comumente observado em outros modelos, como por exemplo, o DINAMICA EGO, que é baseado em autômatos celulares e processos estocásticos (Soares-filho et al., 2001). Dessa forma, o modelo LUCIS não se baseia na análise da ocupação real ao longo do tempo para projetar a ocupação futura, e sim nas tendências de ocupações baseado nas adequabilidades específicas para o desenvolvimento de tal uso. Além disso, apresenta como característica uma representação agregada do uso e ocupação do solo, contendo somente as três grandes tendências de ocupação do território, conservação, agricultura e urbano; porém tal simplificação é observada quando são utilizados um grande número de fatores (Veldkamp & Lambin, 2001).

Ainda no âmbito do modelo, também é apresentado como vantagem a integração dos componentes do meio físico e dos componentes socioeconômicos, observados em demais modelos de análise de predição do uso e ocupação do solo, como o modelo CLUE-S e o GEONAMICA, que podem incorporar, por exemplo, variáveis demográficas e de restrição de uso por meio de políticas públicas (Schaldach & Priess, 2008). Entretanto, o modelo LUCIS se destaca pela maior interação do usuário e integração das tomadas de decisão pelos atores envolvidos na definição do ordenamento territorial.

Algumas características do modelo LUCIS, como a integração das tomadas de decisão, a flexibilização do modelo conceitual e de seus parâmetros já haviam sido enfatizados em análises dos modelos de modificações do uso e ocupação do solo como necessários para um modelo mais abrangente de tal processo (Veldkamp & Verburg, 2004). Entretanto, são necessários que estejam disponíveis um rol de dados espacializados, além de estudos que abordem a dinâmica de uso e ocupação do solo para auxiliar na definição de parâmetros de adequabilidade. Além dessas características, é relevante no modelo LUCIS a transparência do processo que legitima os resultados

obtidos e dificulta que pressões de determinados segmentos, bem como de forças políticas atuantes influenciem de forma desbalanceada no planejamento territorial.

Tendo em vista o acima exposto, o modelo LUCIS ao dar ênfase nas possíveis disputas de território entre as três categorias de uso e ao simular possíveis cenários, possibilita o desenvolvimento de políticas públicas específicas. Além disso, devido à transparência e flexibilização do processo utilizado no modelo, é possível analisar as interferências das variáveis em cada etapa do modelo assim como promover a compreensão do complexo sistema de uso e ocupação do solo. Por fim, tal modelo permite que atores governamentais e da sociedade civil participem do processo de alocação das adequabilidades de preferências de cada uso que resultará na exposição dos conflitos, podendo ser utilizado como uma das etapas da elaboração de planos diretores de forma participativa conforme concebida pelo Estatuto das Cidades.

Apesar das vantagens expostas, durante o processo de aplicação do modelo LUCIS, limitações referente aos dados de entrada foram observados, trazendo implicações para o modelo. Tais limitações estão relacionadas a falta de dados relevantes para melhor caracterização dos objetivos e metas propostas no modelo conceitual, bem como às implicações da qualidade dos dados disponíveis.

No âmbito dos objetivos definidos para a identificação de áreas adequadas para a manutenção da biodiversidade e da água, seria interessante incorporar outros dados, além dos propostos, para alcançar tal finalidade. Dentre tais dados estão a inserção da distribuição das espécies no território, sejam da fauna ou da flora, a fim de possibilitar a determinação de áreas com altos índices de biodiversidade com indicativos à conservação; além de dados relacionados à qualidade das águas superficiais que possibilitariam a localização de áreas com bons níveis de qualidade para a preservação da região e manutenção desse recurso. Entretanto, tais dados não são facilmente obtidos, sendo resultados de pesquisas e estudos de monitoramento que devem conter amostras significativas da região para que os resultados obtidos não sejam tendenciosos.

No caso das análises realizadas para o desenvolvimento agrícola, alguns questionamentos descritos a seguir foram considerados. Os dados referentes à aptidão agrícola dos solos revelaram uma maior proporção de solos adequados para o uso da agricultura patronal, apesar de tal uso atualmente ocorrer em menor proporção em relação a agricultura familiar na Bacia. Esse resultado foi obtido devido à classificação da maioria dos solos como adequados para lavouras com um alto nível tecnológico. Apesar de solos com aptidão para pastagem plantada e pastagem natural não necessitarem de altos níveis tecnológicos, esses solos foram considerados com aptidão menor para a agricultura familiar devido à limitação da intensidade do uso da terra. Ademais, solos com aptidão agrícola restrita para usos mais intensivos, como lavouras, podem ser alocadas em usos menos intensivos, como pastagens, com aptidão boa ou regular (Ramalho Filho & Beek, 1995).

Em relação aos dados de parcelamento do solo utilizados, esses não apresentavam alta precisão, pois foram obtidos indiretamente pela definição de um zoneamento da Bacia por meio de sensoriamento remoto. A partir desse dado foi definido uma maior adequabilidade de áreas à

agricultura patronal, entretanto, devido às características físicas dessa atividade, tal adequabilidade não está diretamente relacionada à relevância desse uso na Bacia, sendo a agricultura familiar mais expressiva conforme apontado por demais estudos. Esses dados corroboram com a situação nacional em que 84,4% dos estabelecimentos brasileiros são ocupados por agricultura familiar, porém somente 24,3% da extensão territorial é destinada para tal finalidade (IBGE, 2006; Macedo, 2004).

Tendo em vista o exposto, demais dados podem ser utilizados no modelo no âmbito da categoria agricultura, como a utilização de dados especializados mais precisos referentes aos mercados de comercialização específica dos produtos gerados em cada tipo de uso em vez da inferência à proximidade dos mercados locais obtida pela distância aos centros urbanos; além da utilização de dados referentes ao valor monetário por hectares das propriedades da região e de dados mais precisos de loteamento.

Na determinação das adequabilidades e preferências para o desenvolvimento urbano foram levantados alguns questionamentos e reflexões. Devido à baixa densidade observada na área rural, a utilização desse dado pode definir como áreas adequadas para o uso industrial regiões não necessariamente contíguas com a malha urbana atual, o que pode gerar graves impactos, como observado, por exemplo, em Cocalzinho de Goiás, pela urbanização da região devido a implantação de um grande empreendimento (MEC et al., 2012). A densidade de estradas utilizada para alocação de uso residencial parte da inferência de um aumento do parcelamento do solo e, portanto, de tendência à urbanização, entretanto tal parâmetro pode caracterizar uma área de silvicultura, que necessita de estradas para realizar a colheita da produção, como áreas de alta adequabilidade para urbanização; sendo que tal desvio pode ser corrigido pela inserção de dados referente ao loteamento da região.

Dessa forma, além das variáveis consideradas no modelo conceitual para a categoria urbano, demais dados podem ser levados em consideração, como os dados referentes à infraestrutura, a acessibilidade aos serviços essenciais e à economia da região. Nesse sentido, podem ser utilizadas as redes de esgoto e de luz, a disponibilidade de atendimento de hospitais e escolas da região, e disponibilidade de emprego, entre outros. A utilização desses dados permitiria uma maior diferenciação e caracterização das metas propostas originalmente pelo modelo, porém tais dados devem ser analisados quanto a aplicabilidade. No caso específico da bacia, os dados relacionados à infraestrutura pode ser tendencioso, devido a falta de tal estrutura em áreas urbanas, o que geraria uma baixa adequabilidade para a ocupação urbana (Nóbrega, 2005; Zmitrowicz, 2002).

Em relação a análise de conflitos da Bacia, foi apontado que cerca de 40% da Bacia possui algum nível de disputa entre as três categorias de uso abordadas, conservação, agricultura e urbano. Tal resultado evidencia uma grande sobreposição das adequabilidades do território para o desenvolvimento urbano, agrícola ou para destinação à conservação; esses conflitos são resultantes da disposição espacial das unidades de conservação, da densidade de rios, da intensidade da produção agrícola e da expansão urbana observada ao longo dos anos (Macedo, 2004; Nunes, 2011; Teza, 2008). Nas áreas de conflito deve haver um planejamento para definir qual uso será preponderante

para cada região e as estratégias a serem adotadas para alcançar os objetivos definidos no planejamento, considerando que as áreas com intenso conflito indicam aptidões iguais para as três categorias de uso, enquanto as áreas com conflito moderado indicam aptidões iguais em somente dois dos usos.

A partir dos resultados obtidos pela análise de conflitos e, considerando a importância dos recursos hídricos da Bacia para o abastecimento de água, acredita-se que o modelo possa embasar o planejamento territorial. Dentre as possíveis ações no âmbito do planejamento estão a destinação das áreas de intenso conflito à conservação ou ao desenvolvimento agrícola com manejo conservacionista adequado, devido à proximidade às unidades de conservação e aos cursos d'água, principalmente nas áreas conflitantes localizadas entre Águas Lindas e o Parque estadual do Descoberto e na região próxima a Taguatinga e Ceilândia. Essa medida evitaria a expansão urbana dessas cidades que ameaça a manutenção do parque e a do corredor ecológico que liga a REBIO à gleba da FLONA, respectivamente. Já as áreas de intenso conflito próximas à Brazlândia poderiam ser destinadas à ocupação urbana, pois dariam continuidade a uma possível expansão urbana observada pelas áreas adjacentes definidas como adequadas para o desenvolvimento urbano; entretanto deve haver uma área de isolamento para evitar a ocupação na UC adjacente.

Os conflitos moderados ocorreram em sua grande maioria entre a agricultura e o desenvolvimento urbano e entre a agricultura e a conservação. No âmbito dos conflitos entre a agricultura e o desenvolvimento urbano, as áreas localizadas na porção noroeste da Bacia, no município de Padre Bernardo, poderiam ser destinadas ao desenvolvimento urbano devido à alta densidade de loteamento e a proximidade ao limite urbano atual, entretanto as demais áreas devem ser destinadas à agricultura, principalmente, as regiões localizadas na porção leste da Bacia, pois se tornariam áreas urbanas isoladas muito próximas ao Parque Nacional de Brasília e a uma das glebas da FLONA. No caso dos conflitos entre agricultura e conservação, a destinação à conservação é mais apropriada devido à manutenção dos recursos hídricos e da biodiversidade, pois essas áreas estão predominantemente próximas aos cursos d'água assim como nas regiões dos corredores ecológicos propostos.

A fim de que esse ordenamento territorial ocorra conforme descrito, são necessárias a implementação de algumas políticas públicas a serem desenvolvidas na região. Dentre tais medidas estão o controle do parcelamento irregular do solo, como medida de prevenção contra a perda da atividade agrícola na propriedade rural e contra a urbanização, o pagamento por serviços ambientais, como medida de promoção da manutenção das áreas remanescentes de cerrado nas propriedades rurais, principalmente nas regiões de conflito observadas e nas áreas dos corredores ecológicos.

Além da implementação dessas medidas de controle nas áreas de conflito, também é importante o desenvolvimento de atividades e políticas públicas nas áreas sem conflito visando o desenvolvimento adequado do uso consolidado, como ações de infraestrutura nas áreas urbanas pela implementação de rede coletora de esgoto e de águas pluviais, por exemplo, e ações de capacitação e

educação ambiental nas zonas rurais para promoção de técnicas ambientalmente adequadas, como as ligadas à prevenção de erosão e à produção orgânica.

No âmbito da análise de conflitos para o território das unidades de conservação da Bacia do Alto Rio Descoberto, onde atualmente são observados conflitos referente à sua destinação legal e a ocupação real dos territórios, mais da metade da área das UCs revelaram algum nível de disputa entre as categorias de uso. Tanto as áreas que apresentam aptidões similares entres os usos (em conflito), quanto as áreas que apresentam usos preponderante (sem conflito) que não sejam destinados à conservação, representam ameaças à manutenção de tais UCs e são situações conflitantes relacionado à destinação legal do território.

Apesar de tais unidades não serem completamente compostas de remanescentes de cerrado devido aos usos conflitantes observados, na determinação das adequabilidades e preferências voltadas para a conservação, os fragmentos de vegetação localizados nas unidades de conservação foram considerados com relevante importância pelo critério de relação área/perímetro. Nesse sentido, essa alta adequabilidade evidencia o importante papel das unidades de conservação, conforme destacados por demais trabalhos (Hassler, 2005). Ademais, as UCs podem servir como barreira para a expansão da ocupação do solo, tendo como exemplo o ocorrido no Distrito Federal, que após um grande processo de expansão, passou por um processo de desaceleração de tal expansão (UNESCO, 2002).

A partir dessa análise foi constatado que a maior parte das áreas não conflitantes do território das UCs foi designada à conservação, seguida pela agricultura devido, principalmente, aos loteamentos existentes na gleba oeste da FLONA e às plantações remanescentes de *pinus* e eucaliptos nas demais glebas da FLONA; e por fim pelas áreas designadas à ocupação urbana, principalmente próximas às cidades de Brazlândia e Águas Lindas. Dentre as áreas conflitantes, grande parte está em intenso conflito, seguido pelos conflitos moderados entre conservação e agricultura, evidenciando as pressões que tais territórios podem sofrer futuramente caso não hajam medidas mitigadoras.

Tendo em vista a implementação de medidas mitigadoras no âmbito do planejamento territorial é necessário analisar a natureza das unidades de conservação. Nesse sentido, devido à REBIO e aos parques serem unidades de conservação de proteção integral, devem ter ações associadas a uma intensa fiscalização para inibir a ocupação indevida de tais territórios, além de, no caso da REBIO, ter ações de recuperação da vegetação nativa. No caso da FLONA, que é uma unidade de conservação de uso sustentável, são necessárias duas frentes de ações, uma voltada para a retirada do *pinus* e eucalipto e restabelecimento da vegetação nativa, e outra voltada para a sensibilização da comunidade local para prevenção da ocupação irregular após a retirada do *pinus* e dos eucaliptos. No âmbito da segunda frente, estão ações de educação ambiental por meio de oficinas e material de divulgação assim como pela execução de projetos que beneficiem a comunidade como a criação de viveiro de mudas que possam ser utilizadas em consórcios e promovam a biodiversidade, e a criação de sementeiras de sementes crioulas a serem utilizadas pelos agricultores da região.

6. Conclusão

O planejamento territorial se faz necessário para que se obtenha um uso e ocupação adequado do solo visando não somente os aspectos econômicos mas também os aspectos sociais e ambientais. A partir de tal planejamento amparado nos pilares da sustentabilidade, políticas e diretrizes devem ser formuladas a fim de se alcançar os objetivos e as metas determinadas em tal planejamento, impedindo assim que a ocupação do território seja diariamente definido por interesses imediatistas, sejam esses internos ou externos. Apesar dos avanços legais referente a tal temática com a instituição de diversos instrumentos como o Plano diretor e os Zoneamentos ecológicos econômicos, é possível observar paradoxos entre a ocupação real e a ocupação legal.

No ordenamento territorial da Bacia do Alto Rio Descoberto estão presentes tais paradoxos que foram sendo formados ao longo do tempo, seja pela falta de fiscalização como também pela falta de políticas públicas adequadas. Nesse sentido, o parcelamento irregular se adensou em algumas regiões da Bacia, em grande parte, devido à falta de fiscalização e de políticas de remoção e de assentamento em outras regiões, culminando na urbanização de determinadas áreas, como o núcleo INCRA 08 no Projeto Integrado de Colonização Alexandre Gusmão (PICAG), e na intensa expansão agrícola.

Tendo em vista esses paradoxos e a intensa ocupação da Bacia, a análise de conflitos entre as categorias de uso permite auxiliar no planejamento, gestão e ordenamento dessa região, pois evidencia as áreas de possível disputa que devem ser alvo de políticas públicas. Tais políticas devem ter por finalidade alcançar os objetivos propostos no planejamento e coibir a instituição desses conflitos. Por meio da aplicação do modelo LUCIS na Bacia do Alto Rio Descoberto foi observado uma porcentagem considerável de áreas em disputa entre pelo menos dois das três grandes categorias de uso. Tais conflitos também foram observados no território das unidades de conservação que, apesar de serem legalmente destinadas à conservação, já apresentam uso inapropriado do solo.

Dentre os conflitos evidenciados pelo modelo, aqueles entre o uso agrícola e urbano e entre as áreas destinadas à conservação e uso agrícola foram os de maior ocorrência na Bacia do Alto Rio Descoberto. A urbanização de áreas de conflito, como as áreas próximas do Lago do Descoberto e das unidades de conservação, e a ocupação agrícola de áreas próximas aos cursos d'água e na abrangência dos corredores ecológicos delineados, podem apresentar graves impactos. No âmbito das unidades de conservação, os conflitos de maior predominância foram aqueles entre o uso agrícola e a destinação à conservação, indicando fortes pressões da expansão agrícola nesses territórios.

Dessa forma, os resultados obtidos permitiram uma análise sistemática do território estudado, o que possibilita a formulação de macrozoneamentos e de estratégias a serem adotadas com base na importância dos recursos hídricos da região. Tendo em vista as expansões agrícola e urbana da Bacia do Alto Rio Descoberto delineadas desde a consolidação da barragem e as áreas destinadas às unidades de conservação, são poucas as áreas sem ocupação do território. Nesse quesito, a análise de

conflitos se mostra como uma importante ferramenta nas previsões de tendências de conversões de uso e ocupação do solo, de áreas rurais ou sem ocupação em áreas urbanas assim como de áreas sem ocupação em áreas rurais.

A partir dessa análise de conflitos foram levantadas possíveis ações a serem realizadas visando a manutenção dos recursos hídricos para o abastecimento de água. Dentre tais ações estão o controle do parcelamento irregular do solo, pagamentos por serviços ambientais, atividades de educação ambiental assim como atividades de capacitação para os trabalhadores rurais, visando a aplicação de medidas de prevenção à erosão, redução da utilização de fertilizantes e agrotóxicos, entre outras. No âmbito das unidades de conservação que já se encontram com ocupação conflitante a sua destinação, foram propostas atividades de inserção de tais unidades no contexto social da comunidade como criação de viveiros e sementeiras, além de uma fiscalização regular das atividades, principalmente nas UCs de proteção integral, assim como o incentivo à recuperação e destinação das áreas localizadas nos corredores ecológicos propostos para a conservação.

No âmbito da aplicabilidade do modelo LUCIS, esse apresenta como vantagens a inserção de múltiplas variáveis, a possibilidade de alterações na estrutura do modelo para se adequar a cada região, o incentivo de um sistema participativo e transparente, possibilitando a interação de diferentes atores, a possibilidade de orientação de políticas públicas baseado nos resultados obtidos, assim como a possibilidade de simulação de diferentes cenários para auxiliar na definição das estratégias e ações a serem desenvolvidos no âmbito do planejamento territorial. Entretanto, algumas limitações foram observadas como a necessidade de estudos referentes à dinâmica territorial e demais áreas correlatas a fim de gerar subsídios para o modelo, a necessidade de um amplo e qualificado banco de dados espacial no âmbito das três categorias envolvidas, além da complexidade envolvida na participação dos diversos atores.

Em suma, os objetivos propostos foram alcançados, sendo os resultados obtidos por meio da aplicação do modelo LUCIS de grande relevância para o planejamento territorial da região, podendo, inclusive, ser utilizado na formulação de planos diretores. Ademais, considerando que a inobservância dos conflitos destacados acarretam em impactos ambientais, sociais e econômicos, o modelo LUCIS possui uma alta relevância na gestão do território. Entretanto, devido à complexidade do uso e ocupação do solo, a utilização de demais estudos e modelos, como os que permitem as análises da dinâmica do uso e ocupação do solo, são encorajados de forma a auxiliar, por exemplo, na definição das adequabilidade para o desenvolvimento dos usos propostos. Nesse sentido, as perspectivas futuras englobam levantamento de dados e aprimoramentos no modelo conceitual a fim de compreender os avanços científicos e tecnológicos, assim como a aplicação de um piloto na elaboração de instrumentos da gestão territorial participativa.

7. Referências Bibliográficas

- ADASA. (2013). *Sistema de informação dos Recursos Hídricos do Distrito Federal*. Último acesso em: 05 de dezembro de 2013. Disponível em: http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=444&Itemid=303
- ANA. (2012). *Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paranaíba: Proposta de Enquadramento dos Corpos Hídricos Superficiais da Bacia do Rio Paranaíba*. Brasília. Disponível em <http://www.paranaiba.cbh.gov.br/PRH.aspx>.
- Barbo, L. D. C. (2001). A ocupação do solo no distrito federal. *Revista de Conjuntura do Corecon - DF*, 7.
- Bicalho, C. C. (2006). *Estudo do transporte de sedimentos em suspensão na Bacia do Rio Descoberto*. Universidade de Brasília.
- Bosshard, A. (2000). A methodology and terminology of sustainability assessment and its perspectives for rural planning. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 77(1-2), 29–41. doi:10.1016/S0167-8809(99)00090-0
- Braga, R. (2001). Gestão ambiental no Estatuto da Cidade: alguns comentários. *Perspectivas de Gestão Ambiental em Cidades Médias* (pp. 111–119). Rio Claro: LPM-UNESP.
- Brasil. (1973). *Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem*. Rio de Janeiro.
- Brasil. (1988). *Instrução Normativa SEMA/SEC/CAP/ N° 001/88*. Secretaria do Meio Ambiente.
- Brasil. (1997). *Política Nacional de Recursos Hídricos*. Brasília: Presidência da República.
- Brasil. (1999). *Manual de projeto geométrico de rodovias rurais*. Rio de Janeiro.
- Brasil. (2000). *Lei Federal N° 9.985, de 18 de julho de 2000- Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Congresso Nacional.
- Brasil. (2004). *Uso e ocupação do solo no Distrito Federal*. Brasília: Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos/ Secretaria de Estado de Infra-estrutura e obras.
- Brasil. (2006a). *Caderno da região hidrográfica do Paraná* (p. 240). Brasília, DF: Secretaria de Recursos Hídricos - MMA.
- Brasil. (2006b). *Subsídios para a definição da Política Nacional de Ordenação do Território – PNOT* (Versão preliminar). Ministério da Integração Nacional. Último acesso: 29 de dezembro de 2012. Disponível em <http://www.mi.gov.br/desenvolvimentoregional/publicacoes/pnot.asp>
- Brasil. (2006c). *Decreto 7.365/2006: regula as faixas de domínio das rodovias do sistema rodoviário do Distrito Federal*. Câmara Legislativa do Distrito Federal.
- Brasil. (2009a). *Adequação Ambiental da Reserva Biológica e das Propriedades Rurais às Margens do Lago Descoberto* (p. 87). Brasília, DF.
- Brasil. (2009b). *Lei Complementar n°803 de 25 de abril de 2009 - Aprova a revisão do Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências*. Câmara Legislativa do Distrito Federal.
- Brasil. (2012a). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil: Informe 2012* (p. 215). Brasília: Agência Nacional de Águas.
- Brasil. (2012b). *Lei 12.651: Novo Código Florestal*. Congresso Nacional.
- CAESB. (2013a). *Sistemas de abastecimento*. Último acesso: 3 de abril de 2013. Disponível em: <http://www.caesb.df.gov.br/agua/sistemas-de-abastecimento.html>

- CAESB. (2013b). *Relatório da Qualidade da Água Distribuída pela Caesb em 2012* (pp. 1–7). Brasília. Disponível em: <http://www.caesb.df.gov.br/agua/control-de-qualidade7/analises-e-resultados4.html>
- Cardoso, E. R., & Cordeiro Netto, O. de M. (2000). Irrigação na Bacia do Lago do Descoberto no Distrito Federal: Como avaliar o valor econômico da água. *1º Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-oeste*.
- Carr, M. H., & Zwick, P. D. (2007). *Smart land-use analysis: The LUCIS model land use conflict identification strategy* (1º ed., p. 269). Redlands, California: ESRI press.
- Castro, L. I. S., Campos, S., Zimback, C. R. L., De Barros, Z. X., & De Barros, B. S. X. (2009). SIG aplicado no conflito de uso da terra e áreas de preservação permanente. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 3651–3656). Natal.
- Caume, D. J. (2009). Agricultura Familiar e Agronegócio: falsas antinomias. *Revista do Desenvolvimento Regional*, 14(1), 26–44.
- Chaves, A. A., Lacerda, M. P. C., Kato, E., Goedert, W. J., & Ramos, M. L. G. (2010). Uso das Terras da Parte Norte da Bacia do Rio Descoberto, Distrito Federal BRASIL. *Analysis*, 69(3), 711–717.
- Christofidis, D. (2003). Os recursos hídricos: abastecimento humano, industrial e irrigação no Distrito Federal. *1º Simpósio de recursos hídricos do Centro-oeste*. Disponível em: www.abrh.org.br/novo/i_simp_rec_hidric_centro_oeste_bsb25.pdf
- CODEPLAN. (2010). *Distrito federal - Síntese de Informações Socioeconômicas*. Brasília: CODEPLAN.
- CONAMA. (2002). *Resolução CONAMA nº 302. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de áreas de preservação permanente de reservatórios artificiais e regime de uso do entorno*. Brasília: CONAMA/MMA.
- Costa, W. M. da. (2005). Subsídios para uma Política Nacional de Ordenamento Territorial. *Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: anais da Oficina sobre a política Nacional de Ordenamento Territorial* (Vol. 32). Brasília: Ministério da Integração Nacional.
- Cruz, M. V. (2003). Brasil nacional-desenvolvimentista (1946-1964). Último acesso em: 6 de janeiro de 2013. Disponível em: [from www.histedbr.fae.unicamp.br/...pdf/Marta_Vieira_Cruz_artigo.pdf](http://www.histedbr.fae.unicamp.br/...pdf/Marta_Vieira_Cruz_artigo.pdf)
- De Freitas, C. G. L. (2007). *Planos diretores municipais: integração regional estratégica*. Porto Alegre: ANTAC.
- De Souza, K. T. de;, Almeida, C. de S., Vieira, F. de M., Moura, P. C. L., & Neto, J. F. da C. (2009). Mapeamento do uso e ocupação do solo da Bacia do Rio Descoberto-DF utilizando imagens de satélite CBERS-2. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, 0, 2233–2239.
- De Vito, M. (2007). *Avaliação do Risco de Contaminação de Mananciais Hídricos para o Abastecimento: O Caso da Bacia da Barragem do Descoberto*. Universidade de Brasília.
- DNIT. (2009). Mapa multimodal do Distrito Federal. Disponível em: <http://www.dnit.gov.br/mapas-multimodais/mapas-multimodais>
- Falconer, L., Hunter, D.-C., Telfer, T. C., & Ross, L. G. (2013). Visual, Seascape and Landscape Analysis to Support Coastal Aquaculture Site Selection. *Land Use Policy*, 34, 1–10. doi:10.1016/j.landusepol.2013.02.002
- Ferrari, J. L., Silva, S. F., Santos, a. R., & Garcia, R. F. (2012). Corredores ecológicos potenciais na sub-bacia hidrográfica do córrego Horizonte, Alegre-ES, indicados por meio de SIG. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias - Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, 7(1), 133–141. doi:10.5039/agraria.v7i1a1577

- Ferreira, A. N. P., & Araujo Neto, M. D. de. (2003). Os Comitês de Bacias Hidrográficas e os Conflitos pelo Uso da Água no Distrito Federal. *Água: questões sociais, político-institucionais e territoriais*. (pp. 1–14). Campinas: UNICAMP. Disponível em: www.unicamp.br/nepo/principal/eventos/agua/ferreira.pdf
- Ferreira, V., Borges, M., & Anjos, E. (1992). Determinação dos Aportes Totais e Carga por Unidade de Área de Nitrogênio e Fósforo com Base na Caracterização do Uso do Solo nas Bacias dos Lagos Descoberto e Santa Maria - Brasília/DF. *Acta Limnol. Brasil.*, IV, 163–174.
- Fink, J., Poelking, E. L., Claudino, A. E., & Dalmolin, R. S. D. (2007). Uso da Terra em Função das Classes de Declividade no Município de Itaara, RS. *XXXI Congresso Brasileiro de Ciência do Solo*.
- Forattini, O. P. (1991). Qualidade de Vida e Meio Urbano . A cidade de São Paulo , Brasil. *Novos aspectos da saúde pública*, 25(2), 75–86.
- Gonçalves, T. D., Roig, H. L., & Campos, J. E. G. (2009). Sistema de Informação Geográfica como Ferramenta de Apoio à Outorga dos Recursos Hídricos Subterrâneos no Distrito Federal. *Revista brasileira de geociências*, 39(1), 169–180.
- Governo Municipal, Águas Lindas de Goiás. (2002). *Lei municipal nº 341 de 23 de setembro de 2002 - Plano Diretor de Águas Lindas de Goiás*. Águas Lindas de Goiás: Prefeitura Municipal de Águas Lindas de Goiás.
- Groot, R. De. (2006). Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable , multi-functional landscapes. *Landscape and Urban Planning*, 75, 175–186. doi:10.1016/j.landurbplan.2005.02.016
- Guerra, G. (2011). A Cartografia nos planos diretores do Distrito Federal. *Anais do 1º Simpósio Brasileiro de Cartografia Histórica* (pp. 1–17). Paraty.
- Guimarães, N. A., & Da Penha, J. W. (2009). Mapeamento das Áreas de Risco de Inundação no Município de Muriaé-MG, com a Utilização de Sistemas de Informações Geográficas. *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 3875–3882). Natal.
- Hassler, M. L. (2005). A Importância das Unidades de Conservação no Brasil. *Sociedade e Natureza*, 17(33), 79–89.
- Herrmann, B. C., Rodrigues, E., & De Lima, A. (2005). A Paisagem como Condicionadora de Bordas de Fragmentos Florestais. *Floresta*, 35(1), 13–22.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2006). *CENSO Agropecuário 2006: Agricultura Familiar* (p. 265).
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2011). Base de informações do Censo Demográfico 2010: Resultados do Universo por setor censitário. Rio de Janeiro: IBGE.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2007). *Manual técnico de Pedologia*. Rio de Janeiro.
- IBRASE, & COFECON. (2012). O Distrito Federal e o Eixo Brasília-Anápolis-Goiânia em 2030. Brasília.
- Jordão, C. P., Da Silva, A. C., & Brune, W. (1999). Contaminação por Crômio de Águas de Rios Provenientes de Curtumes em Minas Gerais. *Química nova*, 22(1), 47–52.
- Kucukmehmetoglu, M., & Geymen, A. (2009). Urban sprawl factors in the Surface Water Resource Basins of Istanbul. *Land Use Policy*, 26(3), 569–579. doi:10.1016/j.landusepol.2008.08.007
- Lambin, E. F., & Meyfroidt, P. (2010). Land use transitions: Socio-ecological Feedback versus Socio-economic Change. *Land Use Policy*, 27(2), 108–118. doi:10.1016/j.landusepol.2009.09.003

- Li, X., & Yeh, A. G. (2000). Modelling Sustainable Urban Development by the Integration of Constrained Cellular Automata and GIS. *International Journal of Geographical Information Science*, 14(2), 131–152.
- Lima, D. C. de. (2011). *Dinâmica Territorial Metropolitana e Planejamento Urbano em Municípios Limítrofes do DF: os casos de Santo Antônio do Descoberto e Águas Lindas de Goiás*. Universidade de Brasília.
- Lima, J. B. M. (2004). *Estudo de redes de monitoramento de qualidade de água superficiais – o caso da Bacia do Rio Descoberto*. Universidade de Brasília.
- Lima-ribeiro, M. D. S. (2008). Efeitos de borda sobre a Vegetação e Estruturação Populacional em Fragmentos de Cerradão no Sudoeste Goiano, Brasil. *Acta Bot. bras.*, 22(2), 535–545.
- Macedo, M. junior. (2004). *A influência do uso, da ocupação e da conservação do solo na qualidade da água de abastecimento: o caso da bacia hidrográfica do lago Descoberto*. Universidade Católica de Brasília.
- Martins, S. L. (2008). O Princípio da prevenção como Instrumento para Evitar a Crise da Água. *Direito em debate*, 29.
- Mattos, C., & Miranda, E. E. de. (1997). Gis para o Meio Ambiente: aplicações no nordeste do Brasil. *I Encontro de Usuários de Geoprocessamento*. Recife.
- McHarg, I. L. (1969). *Design with nature*. Garden City: Doubleday/Natural History Press.
- MEC, RENAPI & IFG. (2012). *Observatório do Mundo do Trabalho: Relatório preliminar de estudo/pesquisa natural, social, econômica e educacional da microrregião entorno de Brasília, do município de Águas Lindas de Goiás e sua região limítrofe*. Goiânia: Ministério da Educação.
- Menezes, P. H. B. J. (2010). *Avaliação do Efeito das ações antrópicas no processo de escoamento superficial e assoreamento na bacia do Lago Paranoá*. Universidade de Brasília.
- Merten, G. H., & Minella, J. P. (2002). Qualidade da água em bacias hidrográficas rurais: um desafio atual para a sobrevivência futura. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 3(4), 33–38.
- Moraes, A. (2005). *Ordenamento Territorial: uma conceituação para o planejamento estratégico in Para Pensar uma política de Ordenamento Territorial*. Anais da Oficina sobre a Política Nacional de Ordenamento Territorial. Brasília: Ministério da Integração Nacional.
- Niemela, J. (1999). Ecology and urban planning. *Biodiversity and Conservation*, 8, 119–131.
- Nunes, G. M., Filho, C. R. de S., Vicente, L. E., Madruga, P. R. de A., & Watzlawick, L. F. (2005). Sistemas de Informações Geográficas Aplicados na Implantação de Corredores Ecológicos na Sub-bacia Hidrográfica do Rio Vacacaí-mirim (RS). *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 3183–3189). Goiânia: INPE.
- Nunes, J. F. (2011). *Classificação e Análise do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Alto Descoberto DF / GO . Classificação e Análise do Uso e Ocupação do Solo da Bacia do Alto Descoberto DF / GO* . Universidade de Brasília.
- Nóbrega, M. das D. S. (2005). Conflitos Ambiental e Fundiário de Águas Lindas e Goiás na divisa com o Distrito Federal. *VI Encontro ECO-ECO - Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente*.
- Oliveira, G. de C., & Filho, E. I. F. (2013). Metodologia para delimitação de APPs em Topos de Morros Segundo o Novo Código Florestal Brasileiro Utilizando Sistemas de Informação Geográfica. *Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (Vol. 10, pp. 4443–4450). Foz do iguaçu.

- Pannell, D. J., Roberts, A. M., Park, G., Alexander, J., Curatolo, A., & Marsh, S. P. (2012). Integrated Assessment of Public Investment in Land-use Change to Protect Environmental Assets in Australia. *Land Use Policy*, 29(2), 377–387. doi:10.1016/j.landusepol.2011.08.002
- Pereira, P. R. G., & Netto, O. M. C. (2000). Suporte Metodológico para Outorga do Uso de Água: uma Proposta para a Bacia do Lago Descoberto (Goiás/ distrito federal). *I simpósio de recursos hídricos do Centro-oeste*. Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/cbdv.200490137/abstract>
- Phua, M.-H., & Minowa, M. (2005). A GIS-based Multi-criteria Decision Making Approach to Forest Conservation Planning at a Landscape Scale: a case study in the Kinabalu Area, Sabah, Malaysia. *Landscape and Urban Planning*, 71(2-4), 207–222. doi:10.1016/j.landurbplan.2004.03.004
- Périco, E., Cemin, G., Lima, D. F. B. de, & Rempel, C. (2005). Efeitos de Fragmentação de Hábitats sobre Comunidades Animais: Utilização de Sistemas de Informação Geográfica e de Métricas de Paisagem para a Seleção de Áreas Adequadas a Testes. *Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (pp. 2339–2346).
- Ramalho Filho, A., & Beek, K. J. (1995). *Sistema de Avaliação da Aptidão Agrícola das Terras* (3 ed., p. 65). Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS.
- Reatto, A., Martins, Éder de S., Spera, S. T., Carvalho jr., O. A., Guimarães, R., Farias, M. F. R., & Silva, A. V. de. (2003). *Relação entre as Classes de Solos e as principais fitofisionomias do Alto do Descoberto, Distrito Federal e Goiás*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Reatto, A., Martins, É. de S., Cardoso, E. A., Spera, S. T., Carvalho jr., O. A., Silva, A. V. de, & Farias, M. F. R. (2003). *Levantamento de Reconhecimento de Solos de Alta Intensidade do Alto Curso do Rio Descoberto*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados.
- Ribeiro, J. F., & Walter, B. M. T. (2007). Bioma Cerrado. *Agência de Informação EMBRAPA*. Último acesso em janeiro de 2013. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia16/AG01/arvore/AG01_15_911200585232.html
- Rocha, C. C. da, Silva, A. de B., Nolasco, M. C., & Franca-Rocha, W. (2007). Modelagem de corredores Ecológicos em Ecossistemas Fragmentados Utilizando Processamento Digital de Imagens e Sistemas de Informações Georreferenciadas. *Anais XIII Simpósio de Sensoriamento Remoto* (pp. 3065–3072). Florianópolis.
- Rojas, C., Pino, J., & Jaque, E. (2013). Strategic Environmental Assessment in Latin America: A methodological proposal for urban planning in the Metropolitan Area of Concepción (Chile). *Land Use Policy*, 30(1), 519–527. doi:10.1016/j.landusepol.2012.04.018
- Rosin, J. A. R. de G. (2011). Aplicabilidade de Princípios do Direito em Matéria da Urbanística: Conflitos e Dilemas da Regularização Fundiária Sustentável. *Fórum ambiental da alta paulista*, 07(5), 612–633.
- Rückert, A. A. (2007). A política nacional de ordenamento territorial, Brasil. Uma política territorial contemporânea em construção. *Revista Eletrônica de Geografia Y Ciencias Sociales*, XI(245). Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-24566.htm>
- Sallas, J. (2002). *Análise qualitativa das principais captações da Bacia do Rio São Bartolomeu utilizadas para abastecimento público*. Centro Universitário de Brasília.

- Santos, C. A. dos, & Martins, M. I. F. P. de O. (2010). Análise e Mapeamento do Uso e Ocupação do Solo nas áreas de Preservação Permanente no município de Alfenas – MG . *VI seminário latino americano de geografia física* (pp. 1–12).
- Santos, T. C. (2005). Algumas Considerações Preliminares sobre Ordenamento Territorial. *Para pensar uma política nacional de ordenamento territorial: anais da Oficina sobre a política Nacional de Ordenamento Territorial* (Brasília., Vol. 32). Ministério da Integração Nacional.
- Schaldach, R., & Priess, A. J. (2008). Integrated Models of the Land System : A Review of Modelling Approaches on the Regional to Global Scale Imprint / Terms of Use. *Landscape*, 2(1), 1–34.
- Schiavetti, A., & Camargo, A. F. M. (2002). *Conceitos de Bacias hidrográficas: teorias e aplicações*. (Editus, Ed.) (p. 289). Ilhéus, Ba.
- SEDHAB. (2013). PDOT- Processo de atualização. *Governo do Distrito Federal*. Último acesso: 12 de janeiro de 2013. Disponível em: <http://www.sedhab.df.gov.br/desenvolvimento-urbano/planejamento-urbano/pdot/processo-de-atualizacao-pdot.html>
- Soares, M. R. G. de J. (2008). *Potencial de uso agrícola e fragilidade ambiental como instrumentos voltados ao planejamento da bacia do rio pequeno - Paraná*. Universidade Federal do Paraná.
- Soares-filho, B. S., Araujo, A., & Cerqueira, G. C. (2001). DINAMICA – Um software para simulação de dinâmica de paisagens. *Anais do II Workshop de imagens*, 2–4.
- Spera, S. T., Reatto, A., Martins, E. de S., Cardoso, E. A., Carvalho jr., O. A., Guimarães, R., Silva, A. V. de, et al. (2003). *Aptidão agrícola das Terras da bacia do Alto curso do Rio Descoberto. DF/GO escala de 1:100.000*. (pp. 1–36). Planaltina- DF: Embrapa Cerrados.
- Teza, C. T. V. (2008). *Bacia Hidrográfica do Alto do Descoberto: as influências da ocupação e uso na disponibilidade hídrica para abastecimento publico*. Universidade Catolica de Brasilia.
- Tims, W. (2009). *GIS Model for the Land Use and Development Master Plan in Rwanda*. University of Gavle.
- UNESCO. (2002). *Vegetação no Distrito Federal: tempo e espaço* (2nd ed., p. 80). Brasília.
- Valentin, E. F. D. (2008). *Modelagem Dinâmica de Perdas de Solo: o Caso do Alto Curso da Bacia Hidrográfica do Rio Descoberto-DF / GO*. Universidade de Brasília.
- Van Deursen, W. P. A. (1995). *Geographical Information Systems and Dynamic Models*. Utrecht University.
- Veldkamp, A., & Lambin, E. F. (2001). Predicting land-use change. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 85, 1–6.
- Veldkamp, A., & Verburg, P. H. (2004). Modelling land use change and environmental impact. *Journal of environmental management*, 72(1-2), 1–3. doi:10.1016/j.jenvman.2004.04.004
- Wang, J., Chen, Y., Shao, X., Zhang, Y., & Cao, Y. (2012). Land-use changes and policy dimension driving forces in China: Present, trend and future. *Land Use Policy*, 29(4), 737–749. doi:10.1016/j.landusepol.2011.11.010
- Zmitrowicz, W. (2002). *Planejamento territorial urbano*. São Paulo: Escola Politécnica da USP.
- Zuo, C., Birkin, M., Clarke, G., McEvoy, F., & Bloodworth, A. (2013). Modelling the transportation of primary aggregates in England and Wales: Exploring initiatives to reduce CO2 emissions. *Land Use Policy*, 34, 112–124. doi:10.1016/j.landusepol.2013.02.010

Anexos

Nesta seção estão dispostos os anexos necessários para auxiliar na compreensão da dissertação.

Anexo A. Quadro guia de avaliação de aptidão agrícola das terras (Ramalho Filho & Beek, 1995).

APTIDÃO AGRÍCOLA			GRAUS DE LIMITAÇÃO DAS CONDIÇÕES AGRÍCOLAS DAS TERRAS PARA OS NÍVEIS DE MANEJO A, B e C									TIPO DE UTILIZAÇÃO INDICADO						
GRUPO	SUBGRUPO	CLASSE	DEFICIÊNCIA DE FERTILIDADE			DEFICIÊNCIA DE ÁGUA			EXCESSO DE ÁGUA				SUSCETIBILIDADE À EROSIÃO			IMPEDIMENTOS À MECANIZAÇÃO		
			A	B	C	A	B	C	A	B	C		A	B	C	A	B	C
1	1ABC	BOA	N/L	N/L ₁	N ₁	L	L	L	L	L ₁	N ₂	L/M	N/L ₁	N ₁	M	L	N	LAVOURAS
2	2abc	REGULAR	L	L ₁	L ₂	M	M	M	M	L/M ₁	L ₂	M	L ₁	N ₂ /I ₁	M/F	M	L	
3	3(abc)	RESTRITA	M	L/M ₁	L ₂	M/F	M/F	M/F	M/F	M ₁	M ₂	F*	M ₁	L ₂	F	M/F	M	
4	4P	BOA		M ₁			M			F ₁			M/F ₁		M/F			PASTAGEM PLANTADA
	4p	REGULAR		M/F ₁			M/F			F ₁			F ₁		F			
	4(p)	RESTRITA		F ₁			F			MF			MF		F			
5	5S	BOA		M/F ₁			M			L ₁			F ₁		M/F			SILVICULTURA E/OU
	5s	REGULAR		F ₁			M/F			L ₁			F ₁		F			
	5(s)	RESTRITA		MF			F			M ₁			MF		F			
5	5N	BOA	M/F				M		M/F			F			MF			PASTAGEM NATURAL
	5n	REGULAR	F				M/F					F			MF			
	5(n)	RESTRITA	MF				F			MF			F		MF			
6	6	SEM APTIDÃO AGRÍCOLA		-			-			-			-			-		PRESERVAÇÃO DA FLORA E DA FAUNA

NOTAS: - Os algarismos sublinhados correspondem às classes de viabilidade de melhoramento das condições agrícolas das terras.

- Terras sem aptidão para lavouras em geral, devido ao excesso de água, podem ser indicadas para arroz de inundação.

- A aptidão das terras para culturas especiais de ciclo longo (fruticultura de clima temperado), não obedece aos parâmetros deste quadro. É avaliada, principalmente, em função do clima.

* No caso de grau forte por suscetibilidade à erosão, o grau de limitação por deficiência de fertilidade não deve ser maior do que o ligeiro a moderado para a classe restrita - 3(a).

- Grau de Limitação: N - Nulo
L - Ligeiro
M - Moderado
F - Forte
MF - Muito Forte
/ - Intermediário