



ANÁLISE DO INSULAMENTO DE UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DEVIDO A PRESSÕES ANTRÓPICAS DE CONVERSÃO DO USO DO SOLO

Ana Paula Silva Camelo¹ e Keila Lima Sanches²

¹Doutoranda Ciências Florestais da Universidade de Brasília/UnB, Brasília, Brasil,
paulaflorestal@gmail.com

²Professora Doutora do Instituto Federal de Brasília/IFB, Brasília, Brasil

Recebido em: 06/04/2019 – Aprovado em: 10/06/2019 – Publicado em: 30/06/2019
DOI: 10.18677/EnciBio_2019A7

RESUMO

As mudanças da estrutura e composição da paisagem, além do isolamento das áreas de preservação impactam no provimento dos serviços ecossistêmicos locais. Tais alterações do uso do solo podem ser minimizadas com políticas de planejamento do uso do solo. O uso de modeladores do uso do solo é uma ferramenta de fundamental importância para que essas medidas de planejamento atinjam seus objetivos uma vez que são capazes de prever a tendência do uso futuro do solo. Neste trabalho foi realizada a modelagem da tendência do uso e ocupação do solo da Estação Ecológica Águas Emendadas e sua zona tampão localizada no Distrito Federal para o ano de 2060. Além do uso e ocupação atual do solo, foram modelados e avaliados dois cenários futuros. A integridade da paisagem foi avaliada por meio de métricas da paisagem. A modelagem do uso do solo obteve um índice de similaridade mínima de 0,79 e máxima de 0,95 em janelas 5X5 e em janelas 11X11 o índice mínimo foi de 0,88 e o máximo de 0,99. A maior taxa de transição do uso do solo foi do uso Natural para o Agrícola a uma taxa de 4 % ao ano e uma taxa de transição do uso Natural para o Urbano de 1% ao ano. Em decorrência disso, nos dois cenários simulados foi observada uma paisagem dominada por esses dois usos. A presença da UC impeditivo para conversão do solo, no entanto sua zona tampão foi totalmente convertida.

PALAVRAS-CHAVE: áreas protegidas, métricas da paisagem, mudança do uso do solo.

ANALYSIS OF THE INSULATION OF CONSERVATION UNITS DUE TO ANTHROPIC PRESSURES OF LAND USE CHANGES

ABSTRACT

Changes in the structure and composition of the landscape, as well as the isolation of the preservation areas impact the provision of local ecosystem services. These changes can be minimized with land use planning policies. Land change and land use models are fundamental tools for planning measures to reach planning policies objectives since they are capable of predicting the future land use trend. This work aimed to model the trend of land use and occupation of the Águas Emendadas

Ecological Station and its buffer zone located in the Federal District for the year 2060. Besides the current use and occupation, two future scenarios were predicted and evaluated. Landscape metrics were used to assess the integrity of the landscape. The land use modeling obtained a minimum similarity index of 0,79 and maximum of 0,95 in 5X5 windows and in 11X11 windows the minimum index was 0,88 and the maximum was 0,99. The highest land use transition rate was from Natural to Agricultural use at a rate of 4% per year and a transition rate from Natural to Urban use of 1% per year. As a result, in both simulated scenarios the future landscapes are dominated by these two uses. The presence of the protected area prevented the land change, however, its buffer zone was totally converted.

KEYWORDS: Protected areas, Landscape metrics, Land use change

INTRODUÇÃO

Em 1960 era inaugurada no planalto central a nova capital federal. Brasília é fruto do movimento moderno desenvolvimentista e de interiorização do Brasil (OLIVEIRA et al., 2008). Em decorrência disso, a paisagem do território do Distrito Federal foi profundamente alterada nesse processo. Uma das formas de preservar a vegetação de um dos maiores hotspots do mundo (STRASSBURG et al., 2017) é a criação de unidades de conservação. Assim, em 1968 foi criada a Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE-DF). A ESECAE-DF faz parte da Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal foi institucionalizada pela Lei nº 742, de 26 de julho de 1994, e conforme o delineamento possui uma zona tampão de 3 quilômetros (BOURSCHEIT; MENEGAT, 2018).

Devido ao plano inicial de Lúcio Costa, composto pelo plano piloto e suas cidades satélites a urbanização do DF ocorreu de forma dispersa. Conforme (TROUPIN; CARMEL, 2016) a dispersão urbana é associada ao desenvolvimento de baixa densidade e gera impactos ambientais negativos. Somente entre 2010 e 2018 a população do Distrito Federal aumentou em 404.543 habitantes (IBGE, 2019).

Esse aumento populacional gera demandas urbanas e agrícolas além das pressões sobre os recursos naturais. No DF esse sistema de ocupação é marcado por um tecido urbano fragmentado que gera uma estratificação socioespacial e prejuízos a qualidade do meio ambiente. Além do tecido urbano fragmentado e disperso, o DF possui grandes áreas voltadas para a agricultura e vem vivenciando uma alta taxa de conversão do uso agrícola para o uso urbano. Conforme Souza (2017) devido à expansão do espaço metropolitano há uma nova relação com o espaço regional imediato, principalmente os espaços rurais. Essa nova relação com o espaço rural atrelada a modernização da agricultura tem gerado novos desconcentrados e fragmentados de produção.

Todavia, do ponto de vista governamental de acordo com Shen et al. (2019) a conversão do solo para o uso agrícola juntamente com o desenvolvimento urbano são ferramentas importantes para investimentos locais. Dessa forma, há a necessidade de buscar meios efetivos para compatibilizar o uso do solo com os aspectos ambientais locais.

Uma das formas de avaliar a integridade ecológica e a qualidade ambiental é por meio de métricas da paisagem visto que a fragmentação e o desmatamento são os principais vetores da perda biodiversidade e de serviços ecossistêmicos (WANG et al., 2016). As métricas da paisagem são índices quantitativos que descrevem aspectos composicionais e espaciais da paisagem. Os elementos da paisagem são definidos como entidades discretas, ou manchas individuais, e o padrão da

paisagem é descrito usando métricas desenvolvidas para quantificar as manchas (tamanho, geometria, isolamento) e mosaico (riqueza e diversidade, conectividade). As medidas da estrutura da paisagem são realizadas em três níveis (LANG; BLASCHKE, 2009) manchas, classes e paisagem.

No entanto, para haver um planejamento que contemple o desenvolvimento sustentável é necessário, além de avaliar a condição atual, a previsão o uso futuro. O software Dinamica EGO é um modelador baseado em autômatos celulares capaz de simular os usos futuros do uso do solo tendo como base os mapas de uso do solo atuais (FERREIRA et al., 2019). Recentemente tem-se observado estudos, que utilizam técnicas de sensoriamento remoto em conjunto com o sistema Dinâmica EGO para avaliar o planejamento urbano e qualidade ambiental. (WANG et al., 2016; STAN; SANCHEZ-AZOFEIFA, 2017; LACHER et al., 2019).

Dessa forma, tendo em vista a rápida mudança do uso do solo esse trabalho teve como objetivo modelar o uso futuro do solo e analisar a fragmentação da paisagem tendo como horizonte o ano de centenário da implementação da nova capital federal - 2060.

MATERIAL E MÉTODOS

A Estação Ecológica Águas Emendadas é uma Unidade de Conservação (UC) pertencente ao grupo de proteção integral localizada em Planaltina, Distrito Federal, (15°33'40''S e 47°36'00''W – Ponto central) localizada à 50 km do centro de Brasília. A ESECAE-DF possui cerca de 10.500 hectares e abriga remanescentes importantes de vegetação do Cerrado.

Conforme a classificação Köppen, o clima da ESECAE-DF é do tipo tropical (Aw) e tropical de altitude (Cwa, Cwb), caracterizado por um inverno frio e seco (maio a outubro) e o verão quente e chuvoso. (novembro a abril). No atual estudo além da área da UC será considerada no estudo a sua zona tampão, aqui denominada área de influência direta (AID), com um raio de três quilômetros.

Para criação do modelo de uso do solo e fragmentação da paisagem foi criado um banco de dados geográficos. No quadro 1 estão dispostas as informações do banco de dados utilizados para essas análises.

QUADRO 1. Banco de dados utilizados.

Dados	Fonte
Uso e Ocupação do Solo (2015 e 2017)	Imagem Landsat 8 ponto 221 órbita 71
Vias e Rodovias	SEDUH (2019)
Lotes Rurais	SEDUH (2019)
Lotes Urbanos	SEDUH (2019)
Curvas de nível	SEDUH (2019)
Hidrografia	SEDUH (2019)

A classificação do uso do solo consistiu inicialmente na identificação das fitofisionomias de Cerrado existentes conforme proposto por Ribeiro e Walter (2008) e seu mapeamento foi realizado por meio da interpretação de imagens por meio dos softwares ENVI 4.7. As imagens do satélite Landsat 8 sensor OLI órbita 221, ponto

71 para os anos de 2015 e 2017 obtida o período de seca, foram utilizadas para confeccionar o mapa de uso do solo.

O método de classificação utilizado foi a classificação supervisionada com o algoritmo de máxima verossimilhança. A composição de bandas utilizada para construção da imagem foi a 6R, 5G e 4B. Foi utilizada a chave de interpretação das composições coloridas conforme Sano et al. (2008). Em situações onde houve discordância do uso do solo foi realizada uma pós-classificação. Inicialmente o uso do solo foi dividido em cinco classes (quadro 2), porém para as análises realizadas no presente trabalho as cinco classes foram aglutinadas em três. A classe Urbano, continuou referente a classe original; a classe Natural que compreende as classes de Formação Campestre e Savânica e Formação Florestal, e a classe Agrícola, com os usos Agrícola e Reflorestamento.

QUADRO 2. Classificação do uso do solo.

Nome da Classe	Principais Usos
Agrícola	Atividades pecuárias e agrícolas
Urbano	Atividades urbanas
Reflorestamento	Áreas de monoculturas de espécies florestais de pinus e eucalipto
Formação Campestre e Savânica	Fitofisionomias Campestres - Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo, Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral/Buritizal e Vereda
Formação Florestal	Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão
Água	Corpos Hídricos

O Dinamica EGO é um ambiente analítico – heurístico para calibração de modelos de mudança de uso e cobertura do solo (SOARES-FILHO et al., 2013). O modelo usa o método de pesos de evidência para avaliar a influência de variáveis estáticas e dinâmicas na mudança do uso do solo. As probabilidades de mudança são calculadas através de uma matriz de transição de propriedades Markovianas (SOARES-FILHO et al., 2002).

No modelo testado para a transição de uso Natural para Agrícola e Natural para Urbano foram utilizadas as variáveis (SOARES-FILHO et al., 2002; STAN; SANCHEZ-AZOFEIFA, 2017; DE FREITAS et al., 2018) Distância Euclidiana de Cursos D'água; Distância Euclidiana de lotes rurais/Urbano; Distância Euclidiana de rodovias; Declividade do Terreno e Distância até a célula mais próxima de uso agrícola/urbano. Já na transição de uso Agrícola para Urbano foram utilizadas as variáveis: Distância Euclidiana de lotes urbanos e Declividade.

No DINAMICA EGO as estimativas futuras do uso do solo são geradas através de dois algoritmos: O Patcher e o Expander. O Patcher é responsável pela criação de novos fragmentos e o Expander é responsável por modelar a expansão dos fragmentos das classes existentes.

Para validar a modelagem do uso da terra é utilizado o método de similaridade fuzzy que permite avaliar a qualidade da calibração do modelo. O

método fuzzy avalia os acertos de transição exatos e transições reais que ocorrem nas proximidades de transições estimadas. Nesse estudo a resolução espacial das janelas variou de 1 x1 a 11 x 11 pixels.

A partir da calibração dos parâmetros no modelo foram gerados mapas de uso e cobertura do solo para o ano de 2060. No caso particular deste trabalho, foi gerado um cenário estacionário. Ou seja, para a sua elaboração, foram mantidos os parâmetros obtidos no modelo de simulação gerado para o período de 2015 a 2017, no que tange ao tamanho médio e variância das manchas de paisagem, percentual de expandir e patcher e índice de isometria. Uma nova matriz de transição foi extraída para o período entre 2017 e 2060, com o objetivo de quantificar o número total de novas células que transacionaram de classes nesse horizonte de projeto.

Para essa simulação foram considerados dois cenários hipotéticos, um otimista com a área original da ESECAE-DF sendo mantida e outro pessimista com a desafetação da área original. A fragmentação da paisagem original foi avaliada por métricas de paisagem. Estas foram calculadas através do programa FRAGSTATS versão 4.2. Foram utilizadas as métricas relacionadas as classes de uso do solo e também com relação a toda a área de estudo (paisagem). As métricas relativas as classes foram: PLAND - Porcentagem da Paisagem ocupada pela Classe (%); NP - Número de Manchas (adimensional); PD - Densidade de Manchas (adimensional); e TCA - Áreas centrais totais (hectares).

Em relação à paisagem, foram avaliadas as seguintes métricas: TE - Total de Bordas (metros); NDCA - Número de áreas core desconectas (adimensional); CONTAG - Índice de Contágio (adimensional); SHDI - Índice de diversidade de Shannon (adimensional); LSI - Índice de forma da paisagem (adimensional). Para o cálculo de bordas foi utilizado o comprimento de 35 metros. Esse valor foi adotado, pois segundo Jesus et al. (2015) é o valor mínimo para ocorrência dos efeitos de borda nos fragmentos florestais.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O uso do solo da ESECAE-DF em 2017 é composto por seis classes de uso do solo. O uso agrícola ocupa 47,87% da área de estudo seguido pelas Formações Savânicas e Campestres com 39,49% do uso do solo. As formações florestais da paisagem (6,36%) são compostas por área de mata ciliar e matas de galeria.

Na situação atual (figura 1) o uso urbano (5%) é composto principalmente pela região administrativa de Planaltina. No entanto de acordo com a SEDUH (2019) entre 1958 e 2015 a área urbana registrada aumentou 162%. Comparando a área urbana registrada com a observada há uma diferença de 212,17 hectares referente as conversões de áreas rurais em urbanas.

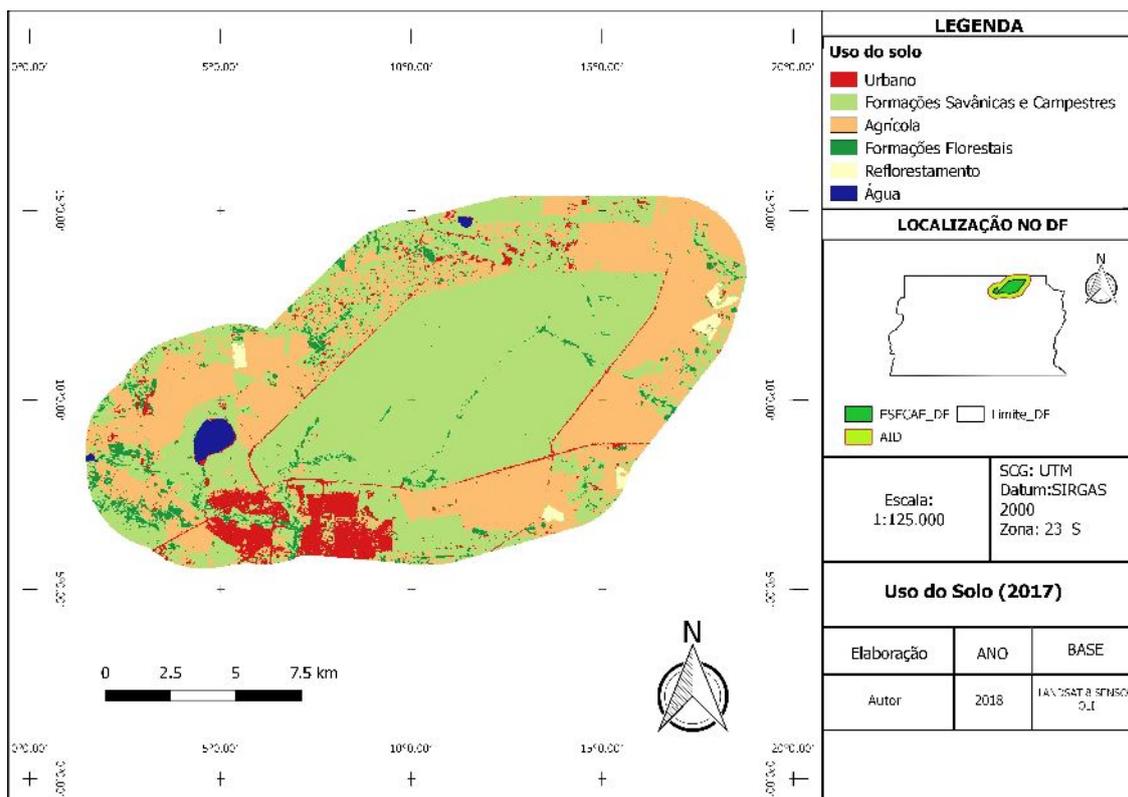


FIGURA 1. Mapa do uso do solo referente ao ano 2017 (Fonte: Autoras, 2019).

O primeiro passo da simulação realizada resulta na matriz de transição, ou seja, mudanças do uso do solo ocorridas entre 2015 e 2017. Na tabela 1 estão as taxas de modificação de uso do solo.

TABELA 1. Taxa de conversão do uso do solo entre 2015 e 2017

Uso 2015	Uso 2017	Taxa de conversão (%)
Natural	Agrícola	4
Natural	Urbano	1
Agrícola	Urbano	0,3
Urbano	Agrícola	3

Os valores obtidos indicam a porcentagem de transição de um uso para o outro por unidade de passo de tempo. Nesse sentido, o uso Natural está sendo convertido para uso agrícola a uma taxa de 4% ao ano. A maior taxa de conversão é a do uso Natural para o uso agrícola. De acordo com Lambin et al. (2013) a retirada da vegetação nativa para o uso agrícola é o maior responsável pela perda de aproximadamente 50 % do bioma cerrado.

A conversão de áreas de uso agrícola para urbano (0,3% a.a) é decorrente da pressão urbana nos limites da ESECAE que engloba, em regiões rurais, alguns adensamentos urbanos e condomínios irregulares (FONSECA et al., 2010). Devido a cultura de dispersão urbanística implantada no DF há uma demanda por novas zonas de habitação de baixa densidade uma vez que conforme salientado por Espindola et al. (2017) que as áreas de alta densidade demográfica estão localizadas principalmente em zonas periféricas, onde a população de baixa renda

domina. A taxa de 3% ao ano do uso urbano para o agrícola indica que a área foi desmatada, ficando o solo exposto, e, posteriormente sendo convertido para uso agrícola.

Após a etapa de cálculo dos pesos e evidências foi avaliado se a correlação entre as variáveis. No entanto, como não houve correlação significativa entre elas, não foi necessário retirar variáveis das análises realizadas seguindo-se para a etapa de simulação do uso da terra em 2017.

Com os parâmetros de transição calibrados foi elaborado um mapa simulado do ano de 2017. Para validar o modelo de transição do uso do solo o mapa gerado pelo modelo foi comparado com o mapa de referência do ano de 2017 utilizando o índice de similaridade Fuzzy. Na tabela 2 estão dispostos os resultados da comparação do uso do solo.

TABELA 2. Valores de similaridade do modelo

Tamanho da Janela	Similaridade Mínima	Similaridade Máxima
1X1	0,58	0,82
3X3	0,71	0,92
5X5	0,79	0,95
7X7	0,84	0,97
9x9	0,87	0,98
11x11	0,88	0,99

Conforme Soares-Filho et al. (2013) o desempenho aceitável de modelos espaciais é específico para cada caso de estudo. No entanto, observa-se um bom desempenho visto que o índice de similaridade mínima para a janela 1X1 é superior a 50%.

No cenário otimista (figura 2) apesar do interior se manter inalterado, o desmatamento adjacente a área da ESECAE-DF pode impactar negativamente os serviços ecossistêmicos principalmente os pedológicos e hidrológicos (NÓBREGA et al., 2018). Nesse cenário, a classe de uso do solo referente a agricultura seria o maior uso da paisagem com 43,99%, seguido da classe natural com 34,32% e classe urbana ocupando 21,69%.

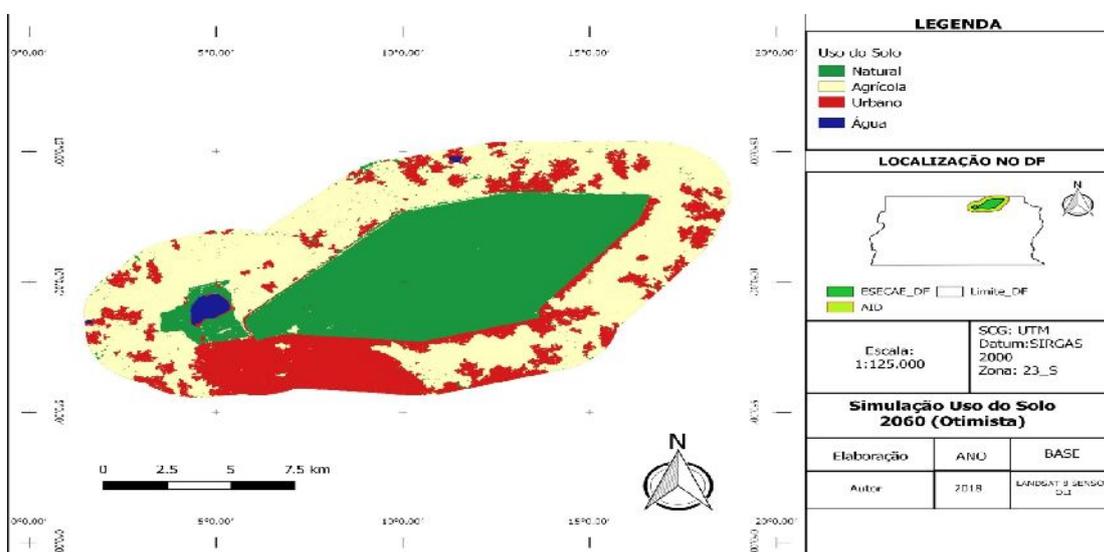


FIGURA 2. Simulação do uso do solo em 2060 no cenário otimista (Fonte: Autoras, 2019).

Por outro lado, no cenário pessimista (figura 3) haveria uma interiorização da agricultura na UC, restando apenas uma pequena área de vegetação nativa.

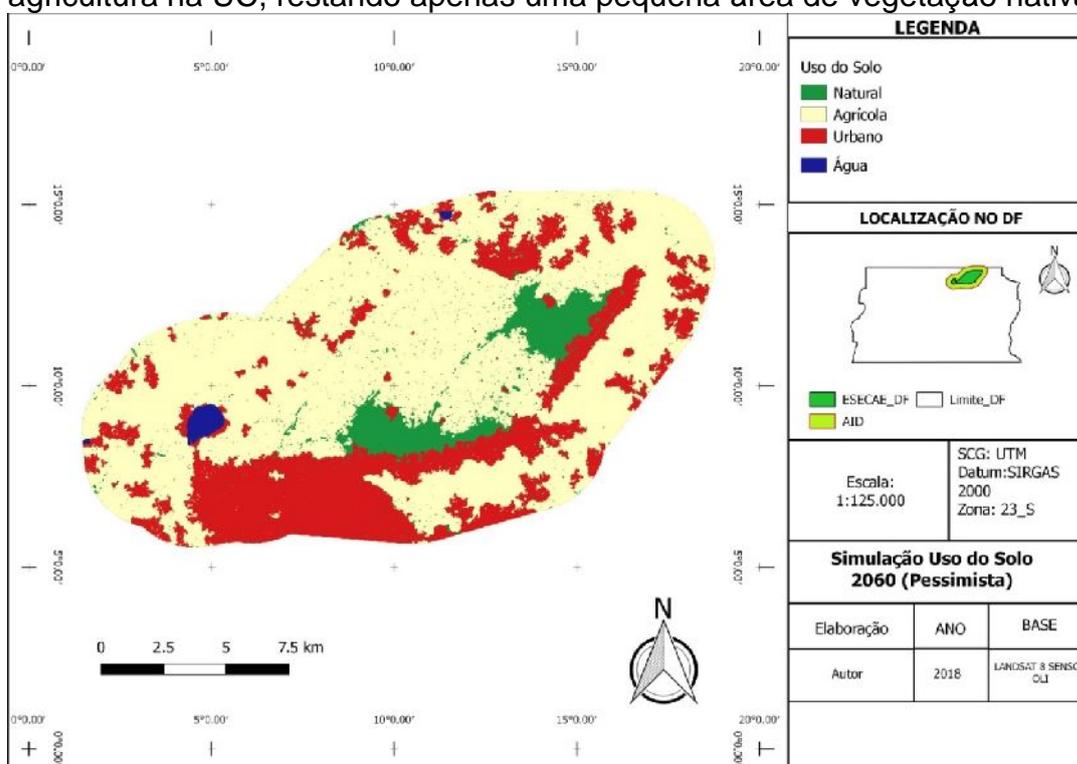


FIGURA 3. Simulação do uso do solo em 2060 no cenário pessimista (Fonte: Autoras, 2019).

Nesse cenário a vegetação nativa ocuparia somente 7,26% da área enquanto a agricultura ocupa 66,55% e a classe urbana 26,19%. Na tabela 3 abaixo encontram-se as métricas da paisagem a nível de classe para o uso em 2016 e os dois cenários testados.

TABELA 3. Valores das métricas no nível de classe para os cenários avaliados.

Cenário	Classe	PLAND (%)	NP	PD	TCA (ha)
Uso do solo (2017)	Agrícola	34,66	887	3,35	7.281,72
	Natural	58,91	704	2,66	13.425,30
	Urbano	6,43	1032	3,90	916,92
Uso do solo (2060) Cenário otimista	Agrícola	43,99	408	1,54	10.446,84
	Natural	34,32	911	3,44	8.651,16
	Urbano	21,69	128	0,48	4.601,25
Uso do solo (2060) Cenário pessimista	Agrícola	66,55	342	1,29	15.975,45
	Natural	7,26	1859	7,02	1.375,20
	Urbano	26,19	91	0,34	5.653,35

A comparação dos valores da classe de vegetação nativa (Natural) na avaliação da integridade da paisagem nos dois cenários ressalta a importância de

unidades de conservação, principalmente as de proteção integral como é o caso da ESECA-DF. De acordo com França et al. (2015) as unidades de conservação de uso integral são de fundamental importância para a conservação da biodiversidade visto que as unidades de conservação de uso sustentável possuem taxas de desmatamento similares a de áreas não protegidas. A existência da unidade de conservação no cenário otimista é a única barreira impeditiva para conversão do uso do solo para usos agrícolas e urbanos.

Os valores obtidos nas simulações indicam o declínio do uso natural do uso do solo em detrimento do uso agrícola devido à fragmentação da paisagem. De acordo com McGarigal et al. (2002) a fragmentação pode ser observada pela variação positiva do número de manchas acompanhada da diminuição de PLAND e TCA esse fenômeno é observado nos dois cenários propostos pelo estudo. Esses resultados corroboram com o estudo de Carvalho et al. (2009) que apontaram que a fragmentação de habitat e conversão de terras por humanos para fins agrícolas são ameaças constantes para a conservação da biodiversidade no bioma Cerrado. Em decorrência do aumento de PN a densidade de manchas (PD) aumenta, pois aumenta devido a fragmentação.

Nos cenários para 2060 a classe agrícola é a classe de maior ocupação da paisagem, portanto, observa-se uma redução no número de manchas e na densidade de manchas, porém há um aumento de TCA. Assim como no estudo de Pirovani et al. (2015), esse efeito é devido à aglutinação de territórios devido a supressão da classe de vegetação nativa.

De acordo com a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural – EMATER-DF a região administrativa de Planaltina no ano de 2017 foi responsável por 50% da produção total das grandes culturas (soja, milho, sorgo, trigo) do Distrito Federal e 32% do plantel bovino e produção de carne e leite (EMATER, 2017). As culturas de soja e a produção bovina são os principais vetores de desmatamento do bioma (BEUCHLE et al., 2015; GARRETT et al., 2018).

Assim como na classe agrícola, a diminuição do número de manchas associada ao aumento da porcentagem da paisagem ocupada pela classe de uso urbano indica a aglutinação de territórios em decorrência da conversão do uso do solo. As matrizes de transição apontam uma taxa de conversão anual de 0,3% do uso rural para o urbano, e de 1% da transição natural para o urbano. No entanto, é importante ressaltar que no Plano de Ordenamento Territorial do Distrito Federal a área tampão da ESECAE-DF é classificada como Zona Rural de Uso Controlado. Para Buhaug e Urdal (2013) nos países em desenvolvimento o processo de urbanização é caracterizado principalmente pela conversão de áreas rurais em urbanas. Espindola et al. (2017) ressaltam que no Brasil, a migração do uso rural urbano tem um significado particular e consequências sociais e ambientais, uma vez que as famílias de baixa renda são predominantes nesse tipo de transição.

Além das métricas em nível de classe a degradação do uso natural pode ser observada por meio das métricas da paisagem (tabela 4). O total de bordas (TE) sofre uma variação negativa nos dois cenários. A diminuição da métrica ocorre devido ao aumento dos totais de área núcleo (TCA) e porcentagem ocupada na paisagem pelas classes agrícola e urbana. Portanto, o que ocorre nos dois cenários é a substituição das pequenas manchas dos diversos usos por manchas maiores, havendo a diminuição das bordas, esse efeito pode ser observado também pela diminuição do número de áreas núcleo (NDCA).

TABELA 4. Valores das métricas em nível da paisagem para os cenários avaliados.

Cenário	TE (m)	LSI	NDCA	CONTAG	SHDI
Uso do solo (2017)	1.291.050	21,25	1025	47,64	0,86
Uso do solo (2060) Cenário otimista	696.660	12,45	289	43,25	1,06
Uso do solo (2060) Cenário pessimista	889.140	15,27	337	52,98	0,81

Apesar do número de classes de uso permanecer constante nos usos de 2017 e nos cenários simulados, a proporção e a composição espacial foram alterados. No cenário otimista devido a maior homogeneidade o índice LSI foi inferior ao do cenário pessimista, que apresenta uma elevada fragmentação da classe de uso natural. Já para a métrica de diversidade SHDI a sua diminuição implica manchas mais regulares e agregadas (LI et al., 2017), ou seja, em paisagens mais homogêneas.

A métrica de contágio (CONTAG) também aponta que o cenário otimista contém uma paisagem mais homogênea que os demais cenários uma vez que ela descreve até que ponto as células da mesma classe ocorrem espacialmente agregadas (LANG; BLASCHKE, 2009). Esse resultado é corroborado pela métrica NDCA que possui seu menor valor no cenário otimista. No entanto, uma paisagem mais homogênea não significa uma paisagem ecologicamente equilibrada visto que essa homogeneidade é provocada pelo alto grau de agregação das classes agrícola e urbana. Da mesma forma, não é possível afirmar que uma paisagem heterogênea possui melhores índices de paisagem, visto o cenário pessimista, que é altamente fragmentado e heterogêneo.

Dadashpoor et al. (2019) ressaltam a importância das políticas e planejamentos territoriais locais e nacionais como principais fatores para mudança do uso do solo. No caso da ESECA-DF a existência da UC de proteção integral é fundamental para a permanência da vegetação local da área.

No entanto a zona tampão não possui a mesma rigidez legal, visto sua classificação como Zona de Uso Rural no plano de ordenamento territorial local. Essa suavização da legislação leva ao insulamento da unidade nos dois cenários simulados. Esse efeito indica a existência de conflitos da gestão da biodiversidade com a expansão urbana e a modernização da produção agrícola.

CONCLUSÕES

Em áreas com pressões de conversão do uso do solo as UC são essenciais para a manutenção dos ecossistemas naturais. Todavia, suas zonas tampão precisam de maior regularização para que não haja o insulamento do fragmento florestal.

A simulação de mudança do uso do solo é uma ferramenta importante para o planejamento territorial visto que possibilita a compreensão dos principais vetores de alteração do uso do solo. Na UC estudada, assim como em grande parte do território

do bioma Cerrado a agricultura é o principal vetor de alteração do uso do solo. As simulações mostram os pontos mais pungentes de conflitos de uso do solo sendo fundamental para atingir o desenvolvimento sustentável do território.

As métricas da paisagem permitem que possam ser feitas avaliações da qualidade ambiental relativa ao uso do solo na área estudada. A elevada taxa de transição das classes agrícola e urbana transformou a zona tampão da unidade em uma paisagem homogênea dominada por esses usos.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Desenvolvimento e Pesquisa (FUNDEP) pela concessão da bolsa de pesquisa. Agradecem também ao Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT) pelo suporte financeiro ao projeto BRASÍLIA 2060: Desenvolvimento de Pesquisa para Criação de um Sistema de Informações para Gestão Estratégica e Sustentabilidade de Cidades.

REFERÊNCIAS

BEUCHLE, R., GRECCHI, R.C., SHIMABUKURO, Y.E., SELIGER, R., EVA, H.D., SANO, E., ACHARD, F. Land cover changes in the Brazilian Cerrado and Caatinga biomes from 1990 to 2010 based on a systematic remote sensing sampling approach. **Applied Geography**, v. 58, p. 116-127, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.01.017>>. doi:10.1016/j.apgeog.2015.01.017

BOURSCHEIT, A., MENEGAT, R. Reserva da Biosfera do Cerrado no Distrito Federal: zona de ação pela sustentabilidade. **Ciência & Trópico**, v. 42, n. 2, p. 29-52, 2018. Disponível em: <<https://fundaj.emnuvens.com.br/CIC/article/view/1707/1424>>. doi:[https://doi.org/10.33148/CeTROPICO2526-9372.2018v42n2\(1707\)29-52p](https://doi.org/10.33148/CeTROPICO2526-9372.2018v42n2(1707)29-52p)

BUHAUG, H., URDAL, H. An urbanization bomb? Population growth and social disorder in cities. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 1, p. 1-10, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016>>. doi:10.1016/j.gloenvcha.2012.10.016

CARVALHO, F.M.V., DE MARCO, P., FERREIRA, L.G. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocon.2009.01.031>>. doi:10.1016/j.biocon.2009.01.031

DADASHPOOR, H., AZIZI, P., MOGHADASI, M. Land use change, urbanization, and change in landscape pattern in a metropolitan area. **Science of The Total Environment**, v. 655, p. 707-719, 2019. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.11.267>>. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.11.267

DE FREITAS, M.W.D., MUÑOZ, P., DOS SANTOS, J.R., ALVES, D.S. Land use and cover change modelling and scenarios in the Upper Uruguay Basin (Brazil). **Ecological Modelling**, v. 384, p. 128-144, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016%2Fj.ecolmodel.2018.06.009>>. doi:10.1016/j.ecolmodel.2018.06.009

EMATER. Informações Agropecuárias do Distrito Federal 2017. 2017. Disponível em: <http://www.emater.df.gov.br/wpc-content/uploads/2018/06/relatorioatividadesagropecuarias_2017.pdf>. Acesso em: 19 de março de 2019.

ESPINDOLA, G.M.D., CARNEIRO, E.L.N.D.C., FAÇANHA, A.C. Four decades of urban sprawl and population growth in Teresina, Brazil. **Applied Geography**, v. 79, p. 73-83, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2016.12.018>>. doi:10.1016/j.apgeog.2016.12.018

FERREIRA, B.M., SOARES-FILHO, B.S., PEREIRA, F.M.Q. The Dinamica EGO virtual machine. **Science of Computer Programming**, v. 173, p. 3-20, 2019. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167642318300455>>. doi:<https://doi.org/10.1016/j.scico.2018.02.002>

FRANÇOSO, R.D., BRANDÃO, R., NOGUEIRA, C.C., SALMONA, Y.B., MACHADO, R.B., COLLI, G.R. Habitat loss and the effectiveness of protected areas in the Cerrado Biodiversity Hotspot. **Natureza & Conservação**, v. 13, n. 1, p. 35-40, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ncon.2015.04.001>>. doi:10.1016/j.ncon.2015.04.001

FONSECA, C. P., CORRÊA, A.C.G., LEITE, G.F.M.; JOVELI, J.C., COSTA, L.S.; PEREIRA, S.T.; Diagnóstico da sub-bacia do ribeirão Mestre d'Armas por meio de dois métodos de avaliação ambiental rápida, Distrito Federal, Brasil Central. **Ambiente & Água-An Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 5, n. 1, p. 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.118>>. doi:doi:10.4136/ambi-agua.118

GARRETT, R.D., KOH, I., LAMBIN, E.F., LE POLAIN DE WAROUX, Y., KASTENS, J.H., BROWN, J.C. Intensification in agriculture-forest frontiers: Land use responses to development and conservation policies in Brazil. **Global Environmental Change**, v. 53, p. 233-243, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.09.011>>. doi:10.1016/j.gloenvcha.2018.09.011

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - Cidades. 2019. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/df/brasil/panorama>>. Acesso em: 21 de março de 2019.

JESUS, E.N.D., FERREIRA, R.A., ARAGÃO, A.G., SANTOS, T.I.S., ROCHA, S.L. Estrutura dos fragmentos florestais da bacia hidrográfica do rio Poxim-SE, como subsídio à restauração ecológica. **Revista Árvore**, v. 39, p. 467-474, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0100-67622015000300007>>. doi:10.1590/0100-67622015000300007

LACHER, I.L., AHMADISHARAF, E., FERGUS, C., AKRE, T., MCSHEA, W.J., BENHAM, B.L., KLINE, K.S. Scale-dependent impacts of urban and agricultural

land use on nutrients, sediment, and runoff. **Science of The Total Environment**, v. 652, p. 611-622, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.09.370>>. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.370

LAMBIN, E.F., GIBBS, H.K., FERREIRA, L., GRAU, R., MAYAUX, P., MEYFROIDT, P., MORTON, D., RUDEL, T., GASPARRI, I., MUNGER, J. Estimating the world's potentially available cropland using a bottom-up approach. **Global Environmental Change**, v. 23, n. 5, p. 892-901, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2013.05.005>>. doi:10.1016/j.gloenvcha.2013.05.005

LANG, S., BLASCHKE, T. **Análise da paisagem com SIG**. Oficina de Textos, 2009.

LI, H., PENG, J., YANXU, L., YI'NA, H. Urbanization impact on landscape patterns in Beijing City, China: A spatial heterogeneity perspective. **Ecological Indicators**, v. 82, p. 50-60, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.032>>. doi:10.1016/j.ecolind.2017.06.032

MCGARIGAL, K., CUSHMAN, S.A., NEEL, M.C., ENE, E. **FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps** 2002.

NÓBREGA, R.L.B., GUZHA, A.C., LAMPARTER, G., AMORIM, R.S.S., COUTO, E.G., HUGHES, H.J., JUNGKUNST, H.F., GEROLD, G. Impacts of land-use and land-cover change on stream hydrochemistry in the Cerrado and Amazon biomes. **Science of The Total Environment**, v. 635, p. 259-274, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.356>>. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.03.356

OLIVEIRA, J.P.D., ANJOS, F.A.D., LEITE, F.C.D.L. O potencial da paisagem urbana como atratividade turística: um estudo sobre a paisagem de Brasília-DF. **Interações (Campo Grande)**, v. 9, n. 2, p. 159-169, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590%2Fs1518-70122008000200005>>. doi:10.1590/s1518-70122008000200005

PIROVANI, D.B., SILVA, A.G.D., SANTOS, A.R.D. Análise da paisagem e mudanças no uso da terra no entorno da RPPN Cafundó, ES. **CERNE**, v. 21, n. 1, p. 27-35, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590%2F01047760201521011182>>. doi:10.1590/01047760201521011182

RIBEIRO, J., WALTER, B. As principais fitofisionomias de Cerrado. Cerrado: ambiente e flora. In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Ed.) Cerrado: ecologia e flora. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008.

SANO, E.E., ROSA, R., BRITO, J.L.S., FERREIRA, L.G. Mapeamento de cobertura vegetal do bioma Cerrado. **Boletim de pesquisa e Desenvolvimento. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 60p**, p. 2008.

SEDUH – Secretaria de desenvolvimento urbano e habitação . Geoportal de dados espaciais. Infraestrutura de Dados Espaciais - IDE/DF., 2019. Disponível em: <<https://www.geoportal.seduh.df.gov.br/mapa/>>. Acesso em: 4 de fevereiro de 2019.

SHEN, X.,WANG, X.,ZHANG, Z.,LU, Z.,LV, T. Evaluating the effectiveness of land use plans in containing urban expansion: An integrated view. **Land Use Policy**, v. 80, p. 205-213, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.10.001>>.doi:10.1016/j.landusepol.2018.10.001

SOARES-FILHO, B.,RODRIGUES, H.,FOLLADOR, M. A hybrid analytical-heuristic method for calibrating land-use change models. **Environmental Modelling & Software**, v. 43, p. 80-87, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2013.01.010>>. doi:10.1016/j.envsoft.2013.01.010

SOARES-FILHO, B.S.,CERQUEIRA, G.C.,PENNACHIN, C.L. DINAMICA a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, v. 154, n. 3, p. 217-235, 2002. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016%2Fs0304-3800%2802%2900059-5>>. doi:10.1016/s0304-3800(02)00059-5

SOUZA, S.M.C.D. Expansão Metropolitana, Agricultura Moderna e Desigualdades Socioespaciais na Rede-DF. **Baru**, v. 3, n. 1, p. 71-94, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.18224/baru.v3i1.5832>>. doi:10.18224/baru.v3i1.5832

STAN, K.D.,SANCHEZ-AZOFEIFA, A. The Edmonton-Calgary corridor: Simulating future land cover change under potential government intervention. **Land Use Policy**, v. 63, p. 356-368, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2017.01.039>>.doi:10.1016/j.landusepol.2017.01.039

STRASSBURG, B.B.,BROOKS, T.,FELTRAN-BARBIERI, R.,IRIBARREM, A.,CROUZEILLES, R.,LOYOLA, et al.,; Moment of truth for the Cerrado hotspot. **Nature Ecology & Evolution**, v. 1, n. 4, p. 0099, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41559-017-0099>>. doi:10.1038/s41559-017-0099

TROUPIN, D.,CARMEL, Y. Landscape patterns of development under two alternative scenarios: Implications for conservation. **Land Use Policy**, v. 54, p. 221-234, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2016.02.008>>. doi:10.1016/j.landusepol.2016.02.008

WANG, L.,YOUNG, S.S.,WANG, W.,REN, G.,XIAO, W.,LONG, Y.,LI, J.,ZHU, J. Conservation priorities of forest ecosystems with evaluations of connectivity and future threats: Implications in the Eastern Himalaya of China. **Biological Conservation**, v. 195, p. 128-135, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.12.044>>. doi:10.1016/j.biocon.2015.12.044