

## Volume 2

# **Informação e dinâmicas da paisagem: o DF e os municípios da área metropolitana de Brasília**

*Ana Paula Camelo, Bruno Nakagomi, Caio Dias e Maria de Fátima Duarte Tavares (coord.)*

## Apresentação

O Volume 2 da obra *Informação, memória urbana e biodiversidade em Brasília* é constituído por 6 capítulos, que resultam de atividades da equipe de pesquisa do Eixo Expansão Urbana e Uso da Terra, do Projeto Brasília 2060, do IBICT. Os autores são Ana Paula S. Camelo, Caio Dias, Bruno Nakagomi, além da contribuição de Fátima Tavares na coordenação da equipe e na proposição da pesquisa original. A análise da transformação da paisagem da Área Metropolitana de Brasília (AMB) obedeceu a recortes espaciais e a dois critérios de seleção: dar conta da relação conflitiva entre urbanização, expansão agrícola e áreas remanescentes de Cerrado, considerando os recursos humanos e prazo de pesquisa, e possibilitar a adequação das áreas em foco à estruturação criada pelo Projeto Brasília 2060 para as Unidades Espaciais de Informação (UEI), que são constituídas por agregação de setores censitários. Essa estruturação, apresentada em um Sistema de Informações Territoriais, dará margem à continuidade de análises a partir dos dados censitários, de forma a contribuir para um histórico das condições intraurbanas, associadas a conjunturas decenais representativas. A pesquisa foi realizada em três etapas: 1. Situação intraurbana; 2. Situação de contato do DF com municípios limítrofes; 3. Situação atual do DF e projeção de futuro para 2060. Os recortes temporais de 1986 e 2016 derivam da maior facilidade de acesso a fontes, que contemplam as três áreas de estudo selecionadas para o DF e demais áreas da AMB, além de que aportam condições de continuidade da pesquisa para análise e comparação dos mesmos recortes espaciais.



## Resumo

### **Vol. 2 – Informação e dinâmicas da paisagem: o DF e os Municípios da Área Metropolitana de Brasília**

DOI: 10.22477/9788570131997.cap4

Equipe: Ana Paula S. Camelo, Caio Dias, Bruno Nakagomi, Fátima Tavares.

#### **Resumo**

Esta parte da publicação é dedicada à divulgação dos resultados de pesquisa, com produção de dados primários, da temática da Expansão Urbana e Uso da Terra do Projeto Brasília 2060, do IBICT. Os resultados aqui expressos permitem a reflexão sobre o processo de transformação e adensamento metropolitano de Brasília, DF, considerando seus 60 anos de história. O texto reproduz, de forma condensada, os relatórios da pesquisa sobre situação intraurbana no contexto do DF e do quadro territorial externo, com três municípios limítrofes ao DF. O estudo teve foco nas relações entre Unidades de Conservação do Cerrado, a urbanização e as demais mudanças no uso da terra, no período de 1986 a 2016, além de análise projetiva de tendência de transformação da paisagem do DF até 2060. A pesquisa foi realizada em três etapas: 1. Situação intraurbana; 2. Situação de contato do DF com municípios limítrofes; 3. Situação atual do DF e projeção de futuro para 2060.

**Palavras-chave:** expansão urbana; uso da terra; urbanização; unidades de conservação; unidades espaciais de informação.

#### **Como citar o capítulo:**

CAMELO, Ana Paula S.; DIAS, Caio; NAKAGOMI, Bruno; TAVARES, Maria de Fátima Duarte. **Informação e dinâmicas da paisagem: o DF e os municípios da área metropolitana de Brasília.** In: TAVARES, Maria de Fátima Duarte (Org.). Informação, memória urbana e biodiversidade em Brasília. Brasília, DF: Editora IBICT, 2025. Cap. 4, p. 104-246. DOI: 10.22477/9788570131997.cap4

## Introdução

**E**sta parte da publicação é dedicada à divulgação dos resultados de pesquisa, com produção de dados primários, da temática da Expansão Urbana e Uso da Terra do **Projeto Brasília 2060**, do IBICT. Os resultados aqui expressos permitem a reflexão sobre o processo de transformação e adensamento metropolitano de Brasília, DF, considerando seus 60 anos de história. O conjunto de textos agrega, de forma condensada, os relatórios da pesquisa sobre situação intraurbana no contexto do DF e do quadro territorial externo, com três municípios limítrofes ao DF. O estudo mensurou e analisou as relações entre Unidades de Conservação do Cerrado, a urbanização e as demais mudanças no uso da terra, no período de 1986 a 2016, além de análise projetiva de tendência de transformação da paisagem do DF até 2060.

A pesquisa foi realizada em três etapas: 1. Situação intraurbana; 2. Situação de contato do DF com municípios limítrofes; 3. Situação atual do DF e projeção de futuro para 2060.

A dimensão intraurbana obedeceu a recortes espaciais e temporais específicos, que visaram identificar o grau de insulamento das unidades de conservação, além da questão associada às mudanças paisagísticas, que acentuam ou não a vulnerabilidade a riscos a que estão sujeitas essas áreas protegidas. Os processos de análise seguiram metodologias detalhadas a seguir, mas a questão do insulamento foi tratada sob dois focos: quantificar e mapear o processo da urbanização que impacta as áreas protegidas, com recortes temporais do início dos anos 60, do século XX, à década de 2010; e identificar processos de mudança da paisagem, no período de 1986 a 2016, no interior das áreas protegidas do DF e de sua envoltória, conforme zonas previamente definidas, denominadas de Áreas de Influência Direta. A questão da vulnerabilidade a riscos ambientais teve por foco os incêndios florestais e a erosão nessas áreas protegidas, considerando também a AID.

Outro recorte espacial diz respeito às zonas de contato com o DF, no âmbito da Área Metropolitana de Brasília (AMB), que visou identificar processos de transformação da paisagem para os municípios de Formosa, Águas Lindas e Valparaíso de Goiás, do Estado de Goiás, os três situados nos limites do DF. Nesse quadro de contatos territoriais da AMB as análises obedecem ao mesmo tratamento dado à situação intraurbana.

O último recorte trata integralmente do DF, porém, é projetivo, delinea efeitos de conjecturas político-econômicas, sociodemográficas, legais, institucionais, ambientais, tecnológicas e outras, que serão responsáveis por desencadear mudanças passíveis de previsão, segundo um grau de certeza, em horizontes de projeto específicos.

As análises realizadas partem da situação atual para identificar tendências de transformação da paisagem do DF para 2060, com as condicionantes dadas em cenário positivo.

Os recortes espaciais obedeceram a dois critérios de seleção: dar conta da relação conflitiva entre urbanização, expansão agrícola e áreas remanescentes de Cerrado, considerando os recursos humanos e prazo de pesquisa; e possibilitar a adequação das áreas em foco à estruturação criada pelo Projeto Brasília 2060 para as Unidades Espaciais de Informação, (UEI) que são constituídas por agregação de setores censitários. Essa estruturação, apresentada em um Sistema de Informações Territoriais, dará margem à continuidade de análises a partir dos dados censitários, de forma a contribuir para

um histórico das condições intraurbanas, associadas a conjunturas decenais representativas. Note-se que o DF, na PDAD, realizada pela CODEPLAN, utiliza o recorte anual por Regiões administrativas do DF e somente atua na vertente de população urbana.

Os recortes temporais de 1986 e 2016 derivam da maior facilidade de acesso a fontes que contemplaram as três áreas de estudo selecionadas, além de que aportam condições de continuidade da pesquisa para análise e comparação dos mesmos recortes espaciais. Para tal, foram selecionadas as imagens de sensores dos satélites Landsat 5 e 8, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em seu catálogo de imagens.

Note-se que este capítulo é uma condensação dos resultados de pesquisa realizada pela equipe do projeto: Ana Paula Camelo (engenheira florestal), Bruno Nakagomi (geógrafo) e Caio Dias (geógrafo), com a coordenação de Fátima Tavares. A coordenação definiu previamente os recortes espaciais de análise em razão do histórico de ocupação urbano-territorial do DF e, diante da dificuldade de acesso a dados estruturados, deu-se também ênfase à utilização de imagens de satélite e técnicas de geoprocessamento para viabilizar acesso a fontes e às análises de transformação da paisagem na escala pretendida.

## 1. Marcos metodológicos

A pesquisa visa analisar e caracterizar relações espaço-temporais e conjuga diferentes metodologias para quantificar o impacto da urbanização sobre áreas protegidas, qualificar a transformação da paisagem na área de influência direta (AID) e no interior das áreas protegidas selecionadas, ESECAE, PNB e Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico. Outra vertente da pesquisa, com metodologia de análise multicritério, trata da vulnerabilidade das respectivas áreas a *Riscos de Incêndios Florestais e Erosão*. As mesmas perspectivas de análise espaço-temporal associadas a esses riscos foram aplicadas a três municípios do Estado de Goiás, pertencentes à AMB (ou à RIDE). As questões associadas a riscos de alagamentos e de afetação de recursos hídricos não foram trabalhadas por dificuldade de acesso a dados, exceto para ESECAE e Formosa, com base no reconhecimento de situação crítica da Agência Nacional de Águas (ANA), estudo de impermeabilização do solo na área da ESECAE e análise de suscetibilidade a alagamentos para Formosa.

A metodologia para analisar as tendências futuras de transformação da paisagem do DF no longo prazo, até 2060, está exposta no item 6.

### 1.1 Situação intraurbana e municípios da AMB

*Ana Paula Camelo*

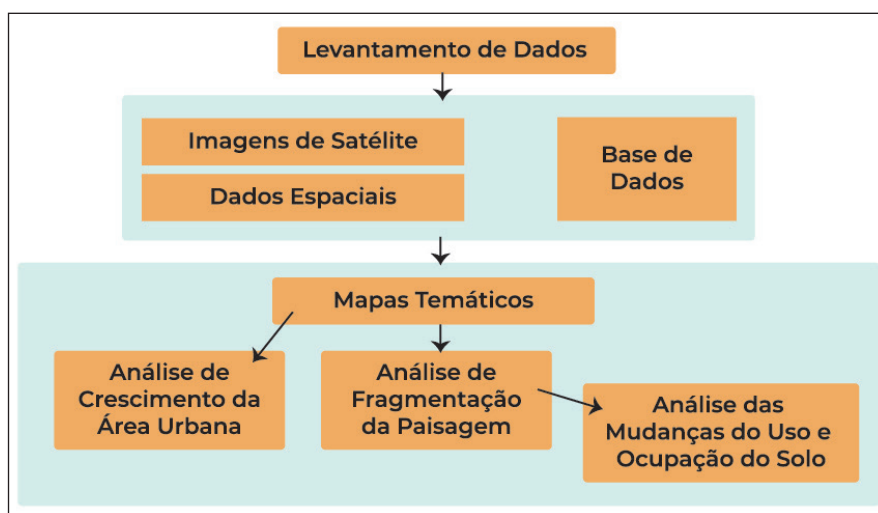
As atividades realizadas obedeceram à seguinte sequência: levantamento de dados e informações, com o foco nas Unidades de Conservação, a partir da demarcação de suas poligonais e estabelecimento da Área de Influência Direta com três km de envolvimento; e composição de banco de dados para realização das atividades de análise. (Recortes, com o mesmo propósito, foram feitos para os

Municípios da AMB, Formosa, Águas Lindas de Goiás. Em Valparaíso, o recorte de áreas protegidas recai sobre vegetação remanescente de APP)<sup>1</sup>.

Foi utilizado o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000, que é o sistema de referência oficial adotado pelo Brasil. Nesse sistema, a zona UTM 23 Sul comporta a área da ESECAE, PNB e Mosaico da EEJBB, tornando-se padrão para todos os arquivos geoprocessados, inclusive para os municípios da AMB.

A pesquisa sobre as áreas protegidas foi dividida em duas partes e seguiu o fluxograma da Figura 1. Na análise proposta e no tratamento digital dos dados foram utilizados os seguintes softwares: Envi 4.7, QGis 2.14.1, Fragstats e Dinamica EGO (Environment for Geoprocessing Objects) na versão 1.0.6; STATA 12 e MS Excel 2013.

**Figura 1.** Fluxograma da metodologia a ser aplicada.



Fonte: Camelo (2017).

A análise do crescimento da área urbana foi realizada utilizando os dados de ocupação urbana da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação (SEGETH,2017). No exemplo da Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE), tanto na região administrativa de Planaltina (RA VI) quanto na AID, foi realizado o computo das áreas urbanas, em hectares, para os anos 1958, 1964, 1975, 1982, 1986, 1991, 1997, 2004, 2009, 2013, 2014 e 2015. No caso do Parque Nacional de Brasília (PNB) foram utilizados os dados de 1960, 1964, 1982, 1986, 1992, 1997 e 2009. (De forma distinta, no mosaico da Estação Ecológica do JBB, em decorrência dos prazos, para as análises de envolvimento urbana foram utilizadas as imagens dos satélites Landsat 5 e 8, de 1986 e dos seguintes decênios. Tal como procedimentos e fontes relacionados à abordagem dos municípios da AMB. Assim, nesse caso, a análise do crescimento urbano decorre da análise de mudanças de usos do solo)<sup>2</sup>.

Além do computo das áreas urbanas totais, foram calculados a área urbana acumulada, a taxa de incremento periódica e a taxa de incremento médio anual onde  $A_i$  é a área urbana no período anterior e  $A_j$  a área urbana no período sucessivo a  $A_i$  conforme demonstradas no Quadro 1.

1. Observação do coordenador.

2. Observação do coordenador.

**Quadro 1.** Equações utilizadas para o crescimento de áreas urbanas.

Índices	Equação
Área Urbana Acumulada (AUA)	$A_i + A_j$
Taxa de Incremento Periódica (TIP)	$A_j / A_i$
Taxa de Incremento Periódica Acumulado (TIPAc)	$(A_j - A_i) / A_{i1958}$
Taxa de Incremento Médio Anual (TIMA)	$TIP / N^{\circ} \text{ anos entre períodos}$

Fonte: Camelo (2017).

A análise do insulamento da Unidade de Conservação foi realizada por meio do estudo de fragmentação da paisagem, além de análises de quantificação de mudanças do uso do solo e por métricas da paisagem. Para tanto, foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5 e Landsat 8 para realizar a classificação do uso do solo.

A classificação do uso do solo consistiu inicialmente na identificação das fitofisionomias de Cerrado existentes, de acordo com o sistema de classificação das fitofisionomias do bioma descrito por Ribeiro e Walter (1998), e seu mapeamento foi realizado por meio da interpretação de imagens por meio dos softwares ENVI 4.7. Os mapas de uso do solo foram confeccionados a partir de imagens dos satélites Landsat 5 TM e órbita 221, ponto 71 para os anos 1986, 1996 e 2006 nos períodos da seca e Landsat 8 OLI órbita 221, ponto 71 para o ano de 2016 também para o período de seca, quando há menor ocorrências de nuvens.

O pré-processamento foi realizado com os processos de correção atmosférica das imagens e teve por base o Princípio da Reflectância Zero. Posteriormente, foi realizada a correção geométrica onde foram utilizados o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação do vizinho mais próximo. A primeira etapa desse processo foi a identificação e o registro das coordenadas de pontos, denominados de controle, e que são comuns às imagens digitais e às cartas planialtimétricas. As coordenadas reais foram padronizadas para o sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e datum SIRGAS 2000.

A análise foi realizada no ENVI 4.7 por meio de classificação supervisionada com o algoritmo de máxima verossimilhança. A classificação supervisionada consiste na identificação prévia das classes de informação chamadas áreas de treinamento, que nada mais são do que representações do comportamento médio das classes que serão mapeadas automaticamente (TANGERINO & LOURENÇO, 2013).

A imagem foi construída com a composição 5R, 4G e 3B Landsat 5 TM e 6R, 5G e 4B Landsat 8. Para validar a classificação foram coletadas amostras de referência e realizados, por meio da matriz de confusão, os cálculos de exatidão global (Equação 1) e índice Kappa (Equação 2).

Para a interpretação das imagens foi utilizada a chave de interpretação das composições coloridas conforme Sano et al. (2008), que incluem a definição das características tonais, texturais e geométricas das classes de mapeamento presentes no bioma.

O uso do solo foi dividido em cinco classes conforme descrito na Quadro 2. Optou-se por não utilizar a classe de solo exposto visto que na área há rotação de culturas e os solos expostos localizados na imagem são derivados da falta de cultura na área na época de aquisição da imagem.

**Quadro 2.** Classificação do uso do solo.

Tipo de Classe	Nome da Classe	Descrição
Antrópica	Agrícola	Uso do solo referente às atividades pecuárias e agrícolas
	Urbano	Uso do solo referente às atividades urbanas
	Reflorestamento	Uso do solo referente às áreas de monoculturas de espécies florestais de pinus e eucalipto
Natural	Formação Campestre e Savânica	Uso do solo referente às fitofisionomias de Campos – 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

Fonte: Camelo (2017).

A taxa de acerto ou Exatidão Global ( $P_o$ ), proposta por Hellden et al. (1980) (Equação 1), é calculada dividindo-se a soma dos valores da diagonal principal, que representa o número de amostras classificadas corretamente  $n_{ii}$ , pelo número total de amostras coletadas  $N$ , ou seja:

$$P_o = \frac{\sum_{i=1}^M n_{ii}}{N}$$

Equação 1.

Onde  $M$  = número de categorias informacionais presentes na matriz de erros;  $n_{ii}$  = elementos da diagonal principal, ou seja, elementos classificados corretamente; e  $N$  = número total de amostras.

Segundo Brites et al. (1996), o índice  $G$  apresenta os maiores valores quando comparado a outros índices pelo fato de considerar apenas a diagonal principal da matriz de erros, ignorando a ocorrência de concordância casual entre as classes.

O índice Kappa ( $K$ ) é o um coeficiente de concordância entre dados da classificação e verdade de campo para escalas nominais. Dessa forma,  $K$ , assim como  $G$ , também representa a concordância entre a classificação e a realidade de campo. Ele determina a concordância esperada a posteriori, ou seja, a concordância esperada somente poderá ser determinada após a construção da matriz de confusão (BERNARDES et al., 2006). O coeficiente de concordância  $K$  pode ser determinado pela equação 2:

$$K = \frac{P_o - P_c}{1 - P_c}$$

Equação 2.

$P_o$  = exatidão global (proporção de unidades que concordam); e

$P_c$  = proporção de unidades que concordam por casualidade, representada pela equação

$$P_c = \frac{\sum_{i=1}^M n_{i+} n_{+i}}{N^2}$$

Equação 3.

Onde  $M$  é o número de classes e  $n_{i+}$  é o total de elementos classificados para uma categoria  $i$ ;

O resultado da estatística Kappa normalmente é comparado aos valores contidos na Tabela 1, proposta por Landis & Koch (1977), a fim de indicar a qualidade do mapa temático. Embora essa tabela tenha sido desenvolvida para analisar resultados de diagnósticos clínicos, ela tem sido referência para classificar mapas resultantes da utilização de imagens de sensoriamento remoto (PRADO, 2009).

**Tabela 1.** Classificação do desempenho da classificação da imagem.

Índice <i>Kappa</i>	Desempenho
<0	Péssimo
0<K<0,2	Ruim
0,2<K<0,4	Razoável
0,4<K<0,6	Bom
0,6<K<0,8	Muito Bom
0,8<K<1,0	Excelente

Fonte: Adaptada de Landis e Koch (1977).

Segundo Brites et al. (1996), o índice Kappa é recomendado como uma medida apropriada para avaliar a exatidão porque não representa apenas os valores que se situam na diagonal principal da matriz, mas ela por inteiro, sendo essa uma forma padronizada para reportar erros em locais específicos.

### 1.1.1 Mudanças do uso do solo

Conforme SOARES-FILHO et al. (2007), as funções de mudança do uso do solo podem ser tanto de quantificação das mudanças quanto de alocação espacial. Nesta análise foi realizada a determinação da quantificação das mudanças por meio de Cadeias de Markov.

Esse tipo de modelo não explica a razão da ocorrência de um fenômeno por se tratar de processo estocástico e não suportar a inclusão de variáveis exógenas, mas permite prever a evolução de processos estacionários e pode prever distribuições espaciais de elementos do modelo ao ser combinado com GIS (PEDROSA E CAMARA, 2004). Análises detalhadas realizadas por meio de matrizes de transição são necessárias para obtenção de uma visão dos processos que impulsionam prováveis padrões de mudanças do uso do solo (ROMERO-RUIZ et al., 2012).

Uma maneira simples de representar esse modelo de estado e transições dá-se pelo uso da matriz de transição. Cadeias de Markov (Equação 4) são modelos matemáticos para descrever processos estocásticos e podem ser denotadas por:

$$\Pi(t+1)= P^n.\Pi(t)$$

Equação 4.

Onde  $P(t)$  é o estado do sistema no tempo  $t$ ,  $P(t+1)$  é o estado do sistema após o instante  $t+1$  e  $P$   $n$  são os estados passíveis de acontecer, que são representados em matrizes de possibilidades de transição. Cadeias de Markov de 1ª ordem assumem que o estado futuro do sistema depende apenas



do seu estado presente e das possibilidades de transição, sendo independente da trajetória que o levou àquele estado (estados em um tempo  $t-1$ ).

As análises de transições do uso do solo foram realizadas para comparar os mapas por meio do software DINAMICA EGO. Foram geradas três matrizes entre os dados das imagens de 1986-1996, 1996-2006 e 2006-2016. Para esse cálculo foi utilizada a matriz de passo único correspondente a um único período de tempo, no caso, 10 anos. As taxas de transição aqui descritas determinam a quantidade líquida de mudanças, isto é, a porcentagem de terra que foi alterada para outro estado, e são, portanto, conhecidas como taxas líquidas, sendo adimensionais.

A persistência das classes durante todo o período estudado também foi calculada, esse processo foi realizado por álgebra de mapas para os períodos 1986-1996, 1996-2006 e 2006-2016 e para o período 1986-2016, calculado conforme a equação 5.

$$\text{PERSISTÊNCIA} = A_{ij} - A_{ii}$$

Equação 5.

Onde  $A_{ij}$  representa as áreas da classe  $j$  no tempo posterior e  $A_{ii}$  representa a classe  $i$  no tempo anterior. Assim, quando essa diferença é diferente de zero, houve mudança do uso do solo, caso a diferença seja igual a zero não houve alteração do uso do solo.

Uma vez que as atividades humanas ou até mesmo eventos naturais dividem uma área grande e contínua de habitat em diversos habitats menores, diz-se que o habitat se encontra em processo de fragmentação (LISBOA, 2015). Assim, para avaliar e mensurar o nível de fragmentação da paisagem são utilizadas as métricas de paisagem. As métricas da paisagem são índices quantitativos que descrevem aspectos composicionais e espaciais da paisagem (LEITÃO; AHERN, 2002) baseados, exclusivamente, em mapas categóricos, provenientes de imagens de sensoriamento remoto (KUPFER, 2012).

No intuito de avaliar a fragmentação da AID das áreas protegidas foram calculadas as métricas de paisagem. Os cálculos da métrica da paisagem foram realizados através do programa FRAGSTATS versão 4.2, que utiliza índices distribuídos em diversas categorias para descrever o nível de uniformidade ou fragmentação espacial de uma paisagem (McGarigal et al., 1995).

Foram utilizadas as métricas com relação ao agrupamento dos fragmentos em classes de tamanho e também com relação a toda a área de estudo (paisagem). Em relação às classes foram avaliadas as seguintes métricas:

- NP (Number of Patches – Número de Manchas). O NP é igual ao número de patches (manchas) de uma determinada classe. O número de patches de uma classe específico é uma medida simples da extensão da subdivisão ou fragmentação do tipo de classe. Embora o número de patches em uma classe possa ser fundamentalmente importante para uma série de processos ecológicos, muitas vezes tem um valor interpretativo limitado por si só porque não transmite informações sobre área, distribuição ou densidade de patches. No entanto, se a área total da paisagem e a área da classe forem mantidas constantes, o número de manchas pode ser um índice útil para interpretar.  $NP \geq 1$ , sem limite.  $NP = 1$  quando a paisagem contém apenas 1 patch do tipo de patch correspondente, isto é, quando a classe é composta por um único patch;



- PD (Patch Density – Densidade de Manchas). O PD é igual ao número de patches do tipo de uma classe dividido pela área de paisagem total (m), multiplicado por 10.000 e 100 (para converter em 100 hectares). A densidade de patch é um aspecto limitado, mas fundamental do padrão de paisagem. A densidade de manchas tem o mesmo utilitário básico que o número de patches como um índice, exceto que ele expressa número de patches em uma área por área unitária que facilita comparações entre paisagens de tamanho variável;
- TCA (Total Core Area – Áreas centrais totais). A área do núcleo total é definida como a área do núcleo (CORE) no nível do patch, mas aqui a área do núcleo é agregada (somada) em todos os patches do tipo de patch correspondente.

Em relação a paisagem, foram avaliadas as seguintes métricas:

- ED (Edge Density – Densidade de Bordas). ED é igual à soma dos comprimentos (m) de todos os segmentos de borda na paisagem, divididos pela área de paisagem total (m), multiplicada por 10.000 (para converter em hectares). Se uma borda de paisagem estiver presente, ED inclui segmentos de fronteira da paisagem que representam apenas a borda “verdadeira” (isto é, manchas adjacentes de classes diferentes). Se uma borda da paisagem estiver ausente, ED inclui uma proporção especificada pelo usuário do limite da paisagem. Independentemente de uma borda de paisagem estar presente ou não, ED inclui uma proporção especificada pelo usuário de borda interna de fundo. Observe, a área de paisagem total (A) inclui qualquer plano de fundo interno presente. A densidade da borda tem o mesmo utilitário e as limitações que o Edge Total, exceto que a densidade da borda reporta o comprimento da borda por uma base de área por unidade que facilita a comparação entre paisagens de tamanho variável.  $ED > = 0$ , sem limite.  $ED = 0$  quando não há borda na paisagem, isto é, quando toda a paisagem e a borda da paisagem, se presentes, consistem em um único patch e o usuário especifica que nenhum dos limites da paisagem e a borda do fundo serão tratados como borda;
- NDCA (Number of Disjunct Core Areas – Número de áreas core desconectas). NDCA é igual à soma do número de áreas nucleares disjuntas contidas em cada mancha na paisagem, ou seja, o número de áreas nucleares disjuntas contidas na paisagem. O número de áreas núcleo disjuntas é definido o mesmo no nível de patch (veja o número de áreas principais), mas aqui é agregado (somado) em todos os patches. O número de áreas núcleo disjuntas é uma alternativa ao número de patches quando faz sentido tratar as áreas principais como patches funcionalmente distintos;
- CONTAG (Contagion Index – Índice de Contágio). O contágio é inversamente relacionado à densidade da borda. Quando a densidade da borda é muito baixa, por exemplo, quando uma única classe ocupa uma porcentagem muito grande da paisagem, o contágio é alto e vice-versa. O contágio é afetado tanto pela dispersão quanto pela intercorrência dos tipos de manchas. Baixos níveis de dispersão do tipo de patch (isto é, alta proporção de adjacências semelhantes) e baixos níveis de intercalação do tipo de patch, ou seja, a distribuição desigual de adjacências em pares resulta em alto contágio e vice-versa.  $0 < CONTAG <= 100$  CONTAG se aproxima de 0 quando os tipos de patch são desagregados ao máximo (ou seja, cada célula é um tipo de patch diferente) e intercaladas (proporções iguais de todas as adjacências em pares).  $CONTAG = 100$  quando todos os tipos de patch são agregados ao máximo;
- SHDI (Shannon's Diversity Index): O índice de diversidade de Shannon é uma medida popular de diversidade em ecologia comunitária, aplicada aqui para paisagens. O índice de

Shannon é um pouco mais sensível aos tipos raros de patches do que o índice de diversidade de Simpson. SHDI aumenta à medida que o número de diferentes tipos de manchas (ou seja, a riqueza de manchas) aumenta e/ou a distribuição proporcional da área entre os tipos de patch torna-se mais equitativa;

- LSI (Landscape shape index – Índice de forma da paisagem): É igual ao comprimento total da borda (ou perímetro) envolvendo a classe correspondente, dada no número de superfícies de células, dividida pelo comprimento mínimo da borda da classe possível para uma classe agregada ao máximo. O LSI aumenta sem limite à medida que o tipo de patch é mais desagregado (ou seja, o comprimento da borda dentro da paisagem de uma determinada classe aumenta).

Jesus et al. (2015) sugere a área de borda de 35 metros, assim os cálculos de métrica da paisagem foram calculados com base nesse valor. Para Jesus et al., 35 metros é o valor mínimo para que comecem a ocorrer efeitos de borda nos fragmentos florestais.

## 1.1.2 A suscetibilidade a riscos de incêndios florestais

### *Mapeamento de zonas de suscetibilidade a incêndios*

Segundo RIBEIRO et al., (2008), o mapa de índice de suscetibilidade de incêndios, o qual indica os locais onde há maior propensão a ocorrência de incêndios, é uma ferramenta muito eficiente para auxiliar o plano de prevenção e de combate. Diversos pesquisadores têm utilizado metodologias diversificadas no desenvolvimento de zoneamento de suscetibilidade a incêndios florestais, que permitem associar os fatores ambientais de uma região com os incêndios florestais, possibilitando o mapeamento de risco potencial de incêndios em função da sensibilidade dos fatores analisados em relação ao fogo (RIBEIRO et al, 2008).

A utilização do sistema de informação geográfica (SIG) facilita a manipulação e o cruzamento de dados especializados do meio físico, favorecendo o diagnóstico e a caracterização de territórios de interesse. Assim, os modelos gerados com a utilização dessa ferramenta refletem a realidade ambiental e fornecem apoio a decisões de planejamento (VALADARES et al 2012).

No mapeamento de risco ambiental, modelos que utilizam métodos multicritério aditivos têm sido empregados com resultados satisfatórios (DIAS et al. 2006; VALLADARES & FARIA, 2004; RAHMAN et al., 2009; YESILNACAR et al., 2012). A análise multicritério é um método de análise por combinação de fatores para resolução de problema, sendo possível identificar as alternativas prioritárias para o objetivo considerado (FRANCISCO et al., 2007).

Além disso, Moura (2007) ressalta que o procedimento de análise de multicritérios é muito utilizado em geoprocessamento, pois se baseia justamente na lógica básica da construção de um SIG: seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, já realizando um recorte metodológico de simplificação da complexidade espacial; representação da realidade segundo diferentes variáveis, organizadas em camadas de informação; discretização dos planos de análise em resoluções espaciais adequadas tanto para as fontes dos dados como para os objetivos a serem alcançados; promoção da combinação das camadas de variáveis, integradas na forma de um sistema,

que traduza a complexidade da realidade; finalmente, possibilidade de validação e calibração do sistema, mediante identificação e correção das relações construídas entre as variáveis mapeadas.

O procedimento adotado para análise é baseado no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de influência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final (MOURA,2007). Para cada plano de informação gerado atribuiu-se valores de influência de 0 a 100% e seus respectivos pesos em uma escala de 1 a 10 para cada classe definida, de acordo com as características físicas, antrópicas e a relevância de cada feição.

O mapa de suscetibilidade foi gerado com uso de método multicritério aditivo. O algoritmo recomendado, adequado aos mapas “raster” utilizados, foi:  $A_{ij} = \sum (P_k \times N_k)$ , em que  $A_{ij}$  é qualquer célula da matriz (alternativa) de acordo com o número de parâmetros envolvidos, que variam de  $i$  a  $j$ ;  $P$  é o peso atribuído ao parâmetro, transposto o percentual para a escala de 0 a 1;  $k = 1$ ; e  $N$  é a nota na escala de 0 a 10, atribuída à categoria encontrada na célula.

A definição dos níveis de risco para cada variável é a parte mais importante e de maior dificuldade na elaboração dos mapas. A etapa final do zoneamento é a superposição dos diversos mapas elaborados para a delimitação de áreas de acordo com o nível de risco em função da somatória ponderada dos riscos parciais de cada variável previamente analisada (BATISTA, 2000). O melhor modelo de ponderação é aquele definido de acordo com as condições de ocorrência dos incêndios locais e que considera a importância de cada variável em função da área de estudo (OLIVEIRA, 2002).

A metodologia consistiu na elaboração de mapas de suscetibilidade a incêndios utilizando as seguintes variáveis de estudo: uso e ocupação do solo, estradas, declividade do terreno e orientação das encostas (NETO et al, 2016; AGUIAR et al, 2015; RIBEIRO et al, 2008). Devido a variação altimétrica não ser tão expressiva na área de estudo, esse plano de informação não foi utilizado na análise.

As classes internas a cada fator foram padronizadas para uma escala comum de 0 a 10 pontos de acordo com o risco que oferecem para o início e propagação do fogo, sendo 0 (zero) para risco nulo e 10 (dez) para risco extremo.

Para essa etapa, o banco de dados utilizados, assim como as fontes, estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 2. Banco de dados utilizados para análise de suscetibilidade a incêndios.

Dados	Fonte
Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2016)	Realizado a partir de Imagem Landsat 8 ponto 221 órbita 71
Mapa de Vias e Rodovias	SEGETH (2017)
Curvas de nível e aspecto	SEGETH (2017)

Fonte: Camelo (2017).

**Uso e Cobertura do Solo:** O conhecimento sobre o uso do solo é de fundamental importância para se determinar o risco de ocorrência de incêndios, onde cada tipo de floresta terá uma propensão maior ou menor aos incêndios, devido principalmente aos seus aspectos ecofisiológicos e de material combustível (PRUDENTE, 2010).

**Proximidade com estradas:** As áreas que circundam as rodovias foram consideradas mais suscetíveis ao fogo devido ao fluxo intenso de veículos que nelas transitam. A geração do mapa temático do sistema viário se deu por meio da ferramenta de distância euclidiana. Não foram diferenciados

os tipos de vias avaliadas, sendo consideradas as rodovias federais, estaduais ou estradas internas de plantios.

**Declividade:** Um dos conceitos mais básicos que se tem sobre o fogo é que ele se propaga mais rapidamente nos aclives do que nos declives e à medida que o grau de inclinação aumenta a velocidade de propagação também aumenta. Esse fato pode ser explicado por vários motivos (SOAREZ; BATISTA, 2007):

- O fogo aquece o material combustível localizado na parte superior do aclive com maior intensidade;
- O ar quente encaminha-se para a parte superior do terreno e o ar fresco é aspirado pela parte inferior, renovando o suprimento de oxigênio na zona de combustão;
- Recebendo mais calor e secando-se mais rapidamente, o material combustível da parte superior entra em combustão mais violentamente.

A declividade do terreno foi classificada conforme a EMBRAPA (1979) e está disposta na Tabela 3. As áreas com maior porcentagem de declividade obtiveram maiores pontuações, uma vez que a quanto maior a declividade de uma área, maior o risco de erosão.

Tabela 3. Classes de declive.

DECLIVIDADE (%)	DISCRIMINAÇÃO
0-3	Relevo plano
3-8	Relevo Plano e Suave Ondulado
8-20	Suave-Ondulado
20-45	Suave-Ondulado-Ondulado
>45	Forte Ondulado

Fonte: Adaptado de Embrapa (1979).

**Aspecto:** O aspecto é determinado pela orientação da encosta (azimute) em que o terreno está localizado, podendo variar de 0 a 360 graus, sendo que 0° indica a direção norte. A orientação das encostas indica indiretamente o conteúdo de umidade do material combustível devido à iluminação do sol, que influencia, consequentemente, na taxa de propagação dos incêndios florestais (PRUDENTE, 2010). Assim, no Hemisfério Sul, os raios solares incidem mais diretamente sobre as faces voltadas para o norte, garantindo a elas maior suscetibilidade ao fogo.

A distribuição dos pesos atribuídos a cada aspecto está disposta no Quadro 3 abaixo.

**Quadro 3.** Distribuição de pesos e influências para análise de suscetibilidade a incêndios.

Fatores	Classe	Influência	Valores Atribuídos
ASPECTO	SE/S/SW	20	2
	E		4
	NE		6
	NW/W		8
	N		10
USO DO SOLO	ÁGUA	30	0
	CERRADO		6
	URBANO		6
	MATA		4
	REFLORESTAMENTO		6
	AGRICULTURA		10
DECLIVIDADE	0-3	20	2
	3-8		4
	8-20		6
	20-45		8
	>45		10
DISTÂNCIA DE VIAS E URBANO	100	30	10
	500		8
	1000		6
	3000		4
	>3000		2

Fonte: Camelo (2017).

### Identificação das zonas de risco de incêndios

Além do zoneamento realizado por meio do mapa de suscetibilidade a incêndios, foram propostas duas metodologias para identificação de zonas de maior probabilidade de ocorrência de focos de calor na área estudada. O primeiro método divide o retângulo envolvente da área de estudo em quatro retângulos, o que facilita a identificação por quadrantes. Posteriormente, é calculado a probabilidade de incidência de focos de calor determinar o quadrante de maior risco, conforme a equação 5.

PROBABILIDADE DE FOCO DE CALOR =

Nº de Focos do quadrante

Total de Focos na área

Equação 5.

O segundo método proposto pretende determinar as zonas com maior probabilidade de focos de calor independente dos quadrantes. Para isso foram utilizadas as funções de densidade Kernel. O uso de estimadores de densidade para analisar as propriedades de uma série de dados é uma prática bastante usual. Essas estimativas podem indicar características importantes, como assimetria e multimodalidade dos dados. Em alguns casos podem apontar caminhos para mais investigações

(SILVERMAN, 1986). O estimador de densidade Kernel é um método estatístico não paramétrico e tem diversas aplicações práticas, atualmente tem sido muito utilizado para mapear ocorrências de incêndios (DE LA RIVA et al., 2004). Matematicamente, o estimador de densidade Kernel é definido pela equação 6, conforme SILVERMAN, 1986:

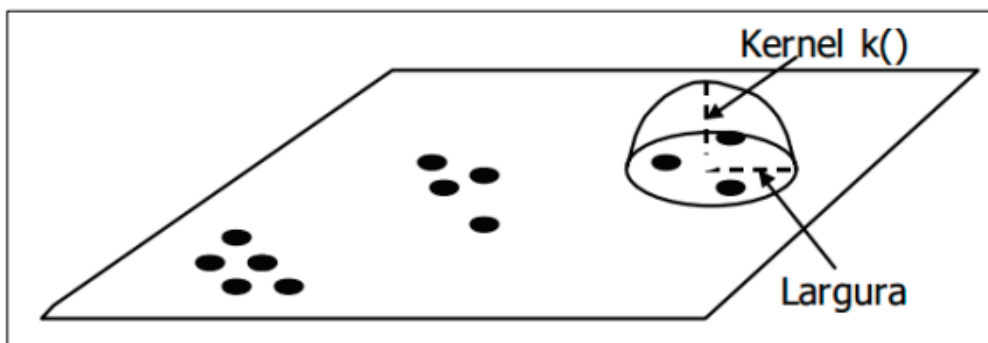
$$\hat{f}(x) = \frac{1}{nh^2} \sum_{i=1}^n K \left\{ \frac{x - X_i}{h} \right\}$$

Equação 6.

Sendo que  $n$  é o número de pontos observados;  $h$  é a largura de banda;  $K$  é a função Kernel;  $x$  é o vetor de coordenada que representa a localização do ponto estimado; e  $X_i$  é o vetor da  $i$ -ésima coordenada que representa cada ponto observado em relação ao estimado.

De acordo com Druck et al. (2004), a análise do comportamento espacial dos eventos deve começar pela estimativa da intensidade de ocorrência do processo pontual em toda a área de interesse, a qual é muito útil para fornecer uma visão geral da distribuição espacial dos eventos considerados. A forma mais simples é o ajuste de uma função bidimensional aos eventos considerados na análise, que realiza uma contagem de todos os eventos dentro de uma região de influência (largura de banda), ponderando-os pela distância de cada evento até o ponto que está sendo estimado (Figura 2).

Figura 2. Estimador de densidade Kernel.



Fonte: [www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf](http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/analise/cap2-eventos.pdf).

O estimador Kernel tem dois parâmetros básicos (DRUCK et al., 2004):

- O raio de influência, usualmente denominado de largura de banda ( $h \geq 0$ ), define a vizinhança do ponto a ser interpolado e controla o grau de “alisamento” da superfície resultante;
- Uma função de estimação com propriedades de suavização do fenômeno. Usualmente, diversas funções podem ser utilizadas para interpolar  $K(\cdot)$ , por exemplo, a função quadrática descrita por Silverman (1986), equação 7, expressa como:

$$K(x) = \begin{cases} 3\pi^{-1}(1 - x^T x)^2 & \text{se } x^T x < 1 \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$$

Equação 7.

Sendo que  $x$  é o conjunto de dados multivariados cuja densidade será estimada. O estimador Kernel pode produzir uma boa representação visual dos eventos analisados, porém, essa representação depende da largura de banda ( $h$ ) utilizada. Os valores de  $h$  dependem da escala adotada no estudo e das características específicas do padrão espacial do evento analisado. Vários métodos foram testados para definir o valor apropriado para ser adotado no estimador Kernel (DE LA RIVA et al., 2004).

Para essa análise foram utilizados os dados espaciais dos focos de calor 2011 a 2015, uma vez que os dados das cicatrizes de área queimada são para esse período.

Para validar as duas metodologias propostas, as cicatrizes de áreas queimadas foram sobrepostas ao mapa gerado, de forma a validar a metodologia.

### 1.1.3 Análise de suscetibilidade e identificação de zonas sujeitas a erosão

As perdas de solos por erosão são caracterizadas por meio de duas abordagens, a laminar, determinada em função da relação da ocupação do solo e das condições naturais dos terrenos que são influenciadas pelas águas difusas da chuva, pela presença de cobertura vegetal, pela intensidade topográfica e pelos tipos de solos que oferecem maior ou menor resistência à erosão; e também pela linear, caracterizada pela presença de escoamento superficial mais intenso do qual a sua concentração resulta no surgimento de sulcos, ravinas e em voçorocas determinadas pelos tipos de cobertura pedológica (SALOMÃO, 2005, SANTOS; BAYER; CARVALHO, 2008) e pelo tipo de relevo.

Os processos erosivos geram grandes prejuízos ambientais e também econômicos, pois atingem atividades que dependem desse recurso natural base (HERNANI, et al., 2002). A falta de planejamento do uso do solo pode levar a processos erosivos em intensidade e velocidade que ultrapassam os limites de tolerância (Mello et al., 2006). Portanto, o mapeamento de zonas de risco de erosão é de fundamental importância para que os tomadores de decisão possam gerir de maneira mais adequada o uso desses recursos.

A inclusão de métodos empíricos para o uso e a validação de novos modelos aplicados aos estudos de erosão e degradação dos solos é importante (Cohen et al., 2005). No mapeamento de risco ambiental voltado ao planejamento, têm sido empregados métodos multicritério aditivos, com resultados satisfatórios (Dias et al., 2006; Valladares & Faria, 2004; Rahman et al., 2009; Yesilnacar et al., 2012).

O procedimento adotado para análise é baseado no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de influência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final (MOURA, 2007). Para cada plano de informação gerado atribuiu-se valores de influência de 0 a 100% e seus respectivos pesos em uma escala de 1 a 10 para cada classe definida, de acordo com as características físicas, antrópicas e a relevância de cada feição para ocorrência do processo erosivo da área estudada. O mapa de suscetibilidade foi gerado com uso de método multicritério aditivo.

O algoritmo recomendado, adequado aos mapas raster utilizados, foi:  $A_{ij} = \sum (P_k \times N_k)$ , em que  $A_{ij}$  é qualquer célula da matriz (alternativa) de acordo com o número de parâmetros envolvidos, que variam de  $i$  a  $j$ ;  $P$  é o peso atribuído ao parâmetro, transposto o percentual para a escala de 0 a 1;  $k = 1$ ; e  $N$  é a nota na escala de 0 a 10, atribuída à categoria encontrada na célula.



Para a atual análise foram considerados a pedologia, a declividade e o uso atual do solo da Unidade protegida e de sua área de influência. As características pedológicas de maior importância para estudos erosivos são aquelas relacionadas à capacidade de infiltração da água no solo e à capacidade do solo em resistir ao destacamento e arraste de partículas pelo escoamento. Características do solo, como porosidade e grau de agregação, afetam diretamente a capacidade de infiltração e o escoamento superficial. Algumas dessas características encontram-se associadas, de forma qualitativa, à taxonomia dos solos (Reis et al., 2006).

Portanto, para classificar e atribuir pesos ao fator pedologia, inicialmente os solos das áreas de estudo foram classificados conforme seu grupo hidrológico (Lombardi Neto et al., 1989), essa classificação leva em consideração o fator de erodibilidade do solo, conforme Quadro 4. Assim, aos solos dos grupos com menor resistência a erosão, foram atribuídas as maiores pontuações.

Quadro 4. Classificação dos solos em grupos hidrológicos.

Grupo Hidrológico	Resistência A erosão	Classes de solos
A	Alto	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
B	Moderado	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	Baixo	ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.
D	Muito Baixo	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLORAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Adaptado de Sartori et al. (2005).

O relevo tem importância no processo erosivo, principalmente por ser a declividade o fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas. Quando não há declividade, ou seja, o relevo é plano, há pouco deslocamento e transporte de partículas de solo (CALDERANO et al., 2014).

A declividade do terreno foi classificada conforme a EMBRAPA (1979) (Tabela 4). As áreas com maior porcentagem de declividade obtiveram maiores pontuações, uma vez que quanto maior a declividade de uma área, maior o risco de erosão.

Além da classe do solo e da declividade do terreno, outro aspecto de suma importância para análise de suscetibilidade à erosão é o uso da terra. O uso intensivo das terras, principalmente para o desenvolvimento das atividades antrópicas, exerce pressão sobre os recursos ambientais que podem ser traduzidos por meio da sua degradação (TRINDADE E RODRIGUES, 2016). O uso adequado



das terras reduz os problemas de erosão e da deposição gradual de sedimentos (CALDERANO et al., 2014). O uso do solo foi classificado conforme descrito no Quadro 2.

No Quadro 5 estão dispostos os planos de informação utilizados para a análise, os níveis de influência e os valores atribuídos a cada feição.

**Quadro 5.** Distribuição de pesos e influências para análise de suscetibilidade à erosão.

Fatores	Classes	Influência	Valores Atribuídos
SOLO	Classes de Grupo Hidrológico	30	
	A		2
	B		4
	C		8
	D		10
USO DO SOLO	Classe de Uso do solo	35	
	URBANO		5
	AGRÍCOLA		10
	CERRADO		2
	MATA		2
	REFLORESTAMENTO		4
	ÁGUA		1
DECLIVIDADE	Classe de declividade	35	
	0-3		2
	3-8		4
	8-20		6
	20-45		8
	>45		10

Fonte: Camelo (2017).

## 1.2 Situação socioeconômica da envolvência de UCs do DF

Para efeito de análise das condições socioeconômicas das áreas de envolvência das UCs do DF, a metodologia foi relativamente simplificada, porque os dados foram extraídos da plataforma do projeto Brasília 2060, conforme a especificidade dada pelas Unidades Espaciais de Informação (UEI), já referidas em item acima. A metodologia obedeceu ao levantamento de dados, segundo as variáveis disponíveis, e mapeamento da circunscrição de UEI em relação de contato com as UCs do Parque Nacional de Brasília (PNB) e do Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico (EEJBB). Uma diferenciação metodológica foi exigida para a Estação Ecológica de Águas Emendadas (ESECAE) em razão do caráter de relevância dessa Unidade perante a formação de bacias hidrográficas ao norte e ao sul do país, com as nascentes do Rio Maranhão e do Rio Paranaíba, formadoras das bacias do Rio Tocantins/Araguaia e do Rio Paraná respectivamente.

## 2. Situação intraurbana do DF

Na primeira etapa, foram realizadas as análises espaço-temporais das três áreas protegidas e de suas envoltórias (zonas de amortecimento), considerando o seu papel na estruturação urbana de Brasília e a dimensão da conservação do Cerrado. As Unidades de Conservação são: Parque Nacional de Brasília/PNB — ICMBIO; Estação Ecológica de Águas Emendadas — ESECAE/SEMA — DF; e a Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília — EEJBB —, que se associa à Reserva do IBGE e Fazenda Água Limpa da Universidade de Brasília, formando um Mosaico. Outra abordagem de análise teve por foco a relação entre sistema viário, processos indutores de ocupação e áreas protegidas. O detalhamento dessas atividades foi apresentado em outubro de 2017, fevereiro, junho e novembro de 2018, em respectivos relatórios de pesquisa parciais.

As áreas protegidas de conservação integral foram criadas em 1961, 1968 e 1992, portanto em fases diferenciadas da ordem urbana, mas em datas anteriores à fase intensa de urbanização após os anos 90, portanto, podemos considerá-las como partes estruturantes da ocupação territorial e elementos de alta significação para o conjunto urbanístico de Brasília. Essas unidades compõem as zonas núcleo da Reserva da Biosfera da UNESCO, dedicadas ao Cerrado.

A metodologia e as fontes utilizadas de imagens de satélites tiveram como pressuposto permitir a análise comparativa entre as diversas áreas, para as quais os órgãos do DF não dispunham de material imagético e cartográfico em séries temporais comuns.

Os resultados de pesquisa dizem respeito a: a) análise da tendência de insulamento das unidades, que envolve a análise da fragmentação da paisagem, classificação e mapeamento dos usos da terra e análise da transformação da paisagem; b) análise de suscetibilidade à erosão, análise de suscetibilidade e identificação de áreas de riscos a incêndios florestais.

### 2.1 Unidades de conservação do DF e sistema viário

*Bruno Nakagomi*

As áreas protegidas do DF, objeto de análise nesta investigação, estão identificadas no Mapa 01 e Mapa 02 em correlação ao sistema viário implantado no DF, que visou estruturar a ocupação territorial no contexto da implantação da nova capital entre 1955 e 1960. Como elemento ordenador territorial, esse sistema viário condiciona a articulação das relações espaciais entre as unidades protegidas e, como tal, representa e cumpre na totalidade do DF um papel dinâmico nos processos de ocupação. Por essa razão, foi elaborada a análise quantitativa de sua extensão de contato e de caracterização proporcional do uso do solo em suas faixas de domínio.

Os dados iniciais para o sistema viário foram inicialmente buscados nos serviços geoespaciais oferecidos pelo Departamento Nacional de Trânsito – DNIT e Departamento de Estradas e Rodagem do Distrito Federal – DER/DF, dessas fontes foram obtidos dados do sistema viário nacional e regional. Outra fonte utilizada foi a Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE local instituída pelo GDF, chamada de Geoportal, um repositório dos dados geoespaciais relativos ao Distrito Federal produzidos pelos órgãos locais.

As informações espaciais relativas às Unidades de Conservação em estudo foram obtidas junto à IDE do Ministério do Meio Ambiente – MMA, Geoportal, IBGE e contato direto com a administração da UnB relativo à Fazenda Água Limpa.

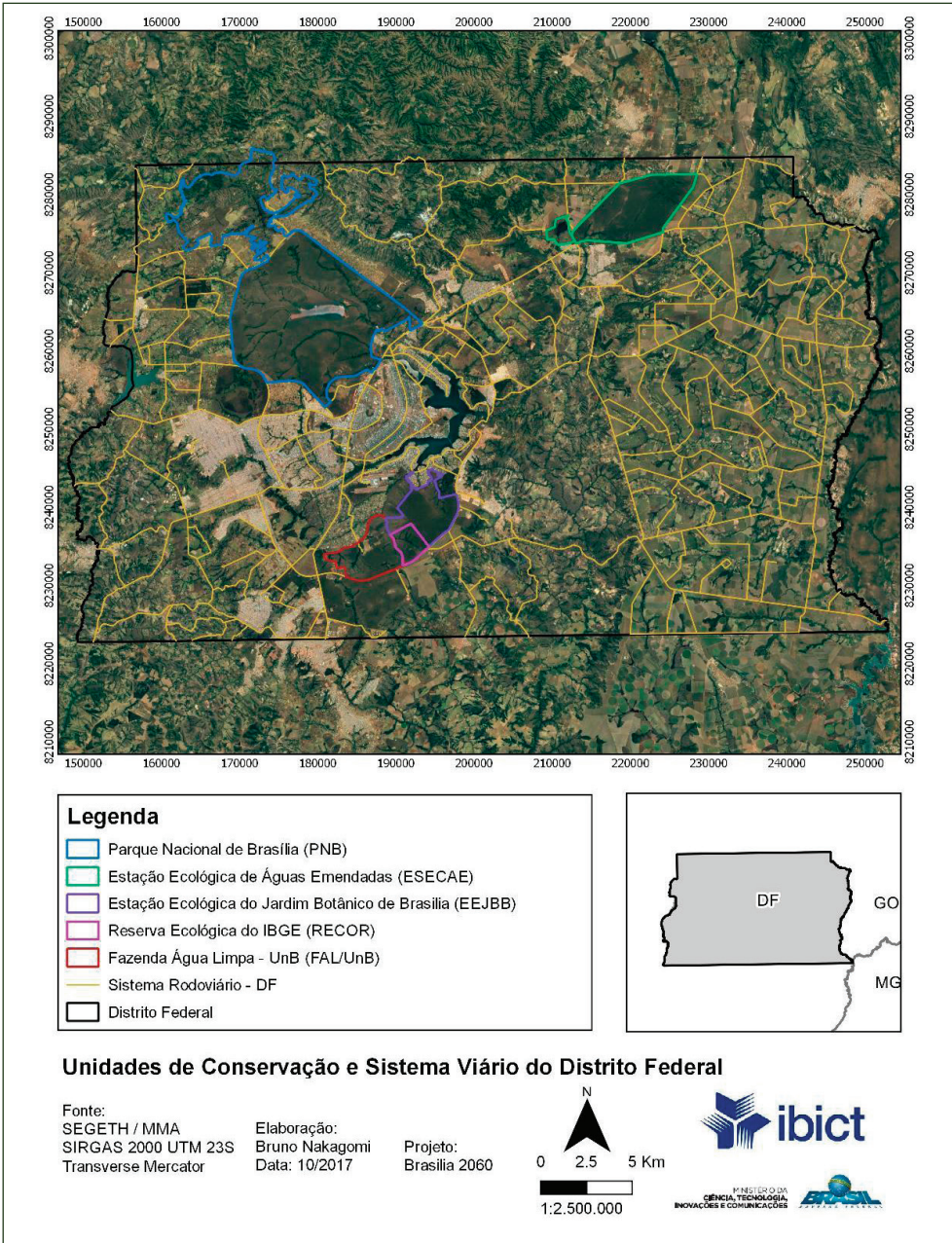
As análises foram feitas por meio do *software* de geoprocessamento QGIS, onde foram sobrepostas as camadas relativas ao sistema viário e unidades de conservação, permitindo identificar as interfaces das rodovias que fazem fronteira com as unidades em estudo e sua extensão. As cartas temáticas foram produzidas também por meio do *software* QGIS, buscando ilustrar de forma simples as análises feitas.

A classificação do uso do solo foi baseada em imagens Landsat 5 e 7, de dois períodos diferentes, 1986 e 2016. O intervalo de tempo foi decidido pela equipe de pesquisa levando em conta a disponibilidade de imagens de satélite e o intervalo de tempo em conformidade às demais análises. Devido ao curto prazo de elaboração do estudo para uma análise mais complexa do uso, foi adaptada uma classificação simplificada de uso do solo, levando em conta 4 classes: antropizado urbano, antropizado agrícola, vegetação natural e água.

A classificação foi feita utilizando a metodologia orientada a objetos geográficos, se mostrando eficiente no mapeamento do uso da terra. Esse método foi utilizado para a área do Mosaico e sua Área de Influência Direta (AID), para as outras unidades foram adaptadas as classificações feitas pelos colegas de equipe Caio Dias (PNB) e Ana Paula Camelo (ESECAE).

O foco da classificação do uso do solo tem por objetivo a comparação da composição das faixas de domínio dos eixos indutores identificados anteriormente e sua interface com as Unidades de Conservação. O comparativo temporal é um indicativo do impacto da urbanização e pressão agrícola sobre as bordas das UCs.

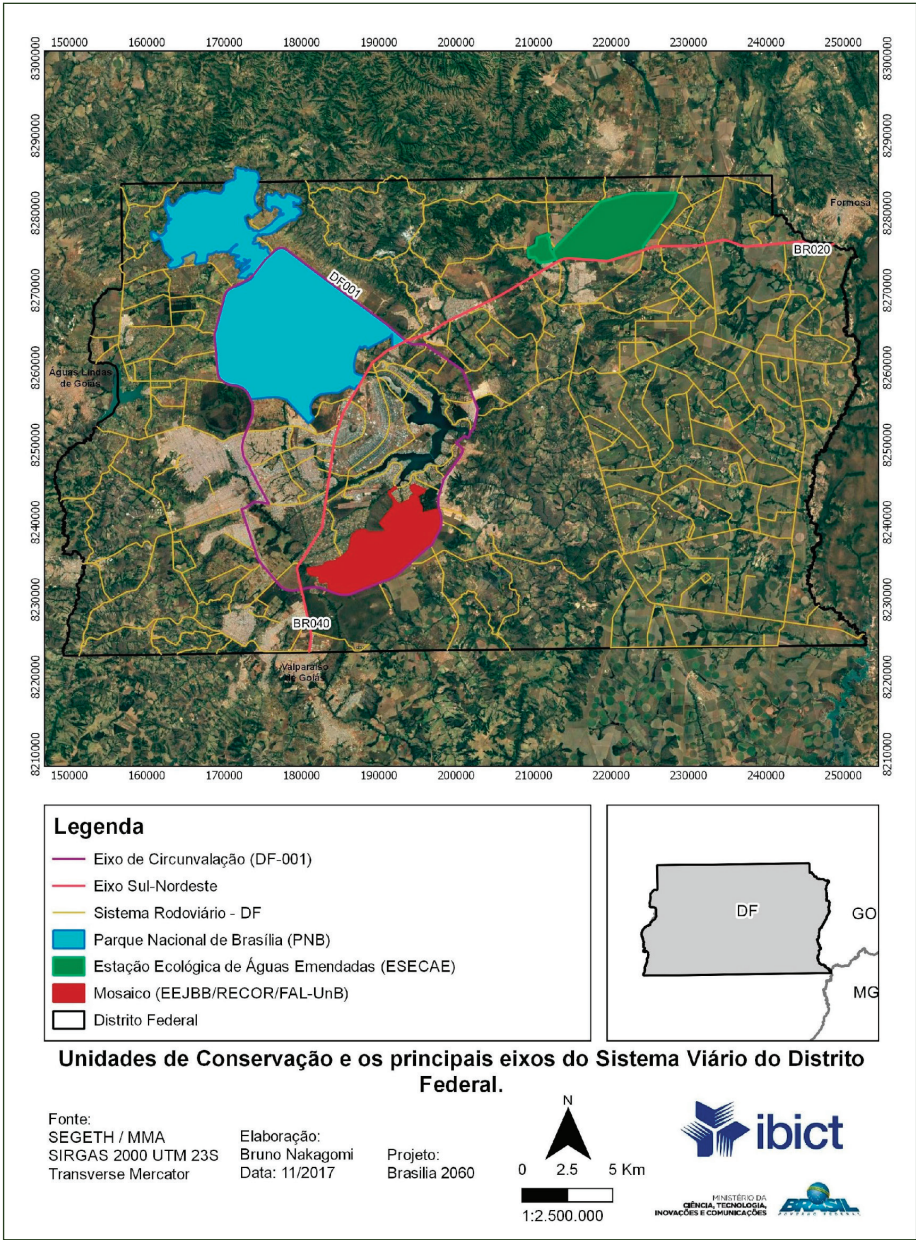
Mapa 01. Unidades de Conservação e sistema viário do DF.



Fonte: Nakagomi (2017).



Mapa 02. Unidades de conservação e principais eixos do Sistema Viário do DF



Fonte: Nakagomi (2017).

Os dados levantados foram organizados em um Sistema de Informações Geográficas – SIG, utilizando o Sistema de Coordenadas UTM SIRGAS 2000, padrão adotado pelo IBGE. A partir disso foram feitas as análises contidas neste trabalho.

A Tabela 1 mostra, para cada UC, as rodovias marginais selecionadas, estando ilustradas nas cartas temáticas em relatório de pesquisa (NAKAGOMI, 2017).

Tabela 1. Rodovias marginais às Unidades de Conservação

Unidade de Conservação	Rodovias
Parque Nacional de Brasília – PNB – limite antigo	DF-001, DF-003, DF-010, DF-035, DF-097
Parque Nacional de Brasília – PNB – limite novo	DF-001, DF-003, DF-010, DF-035, DF-097, DF-170, DF-206, DF-220
Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE	BR-010, DF-128, DF-131, DF-205, DF-335, DF-345
Mosaico EEJBB/RECOR/FAL	DF-035, DF-001, DF-003, DF-055, DF-025

Fonte: Nakagomi (2017).

Pode-se notar que a única UC que possui limite com uma rodovia federal é a ESECAE e que em sua carta temática específica não possui faixa de domínio da rodovia definido devido à questão de competência sobre a gerência da rodovia. As rodovias do DF são de responsabilidade do Departamento de Estradas e Rodagem – DER estadual, enquanto a BR-010 é de responsabilidade do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes – DNIT. A largura da faixa de domínio para as rodovias do DF está definida de acordo com o Decreto n. 27.365 de 2006 do Governo do Distrito Federal, enquanto as rodovias federais seguem a definição das Normas para o Projeto das Estradas de Rodagem do Ministério dos Transportes de 1949.

Após separação das rodovias marginais, foi calculada a extensão do limite dessas rodovias com as UCs. Valores dispostos na Tabela 2 a seguir:

Tabela 2. Extensão, em quilômetros, dos trechos marginais das rodovias às Unidades de Conservação

Unidade de Conservação	Extensão (km)
Parque Nacional de Brasília – PNB – limite antigo	74
Parque Nacional de Brasília – PNB – limite novo	100
Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE	47,7
Mosaico EEJBB/RECOR/FAL	58,8

Fonte: Nakagomi (2017).

As UCs do DF possuem uma característica em comum: envolvimento constituída pelo sistema rodoviário, detalhamento visível nas cartas temáticas e refletido nos valores mostrados. É importante ressaltar que o ano de criação de todas as Unidades de Conservação em estudo é posterior à implantação do sistema viário do Distrito Federal.

A partir das análises preliminares, foram identificados dois eixos indutores da expansão urbana no território do DF, a DF-001 e o Eixo Sul-Nordeste, iniciado pela BR-040 a sul e terminando na BR-020 a nordeste, cruzando o território do DF. Esses eixos foram considerados como elementos estruturantes da interface do sistema viário e as Unidades de Conservação, constituindo a base territorial para as etapas seguintes do trabalho.

A partir da classificação simplificada do uso do solo, segundo as categorias indicadas, notam-se situações distintas para cada Unidade, e foram identificados os usos para as faixas de domínio específicas dos eixos indutores que estão circunscritos na AID de cada Unidade. A largura utilizada para as faixas de domínio foi de 130 metros, divididos simetricamente em relação ao eixo do canteiro central, gerando faixas de 65 metros de largura.

Importa chamar atenção para a proporção diferenciada dos usos e suas alterações no tempo. Note-se que embora alguma distorção na quantificação possa ocorrer dada a escala de análise e

justaposição de categorias, os dados apresentados têm representatividade para políticas de gestão territorial das unidades de conservação, tendo em vista, em especial, a questão de riscos associados a incêndios florestais, nas situações de contato com a antropização agrícola ou urbana. A caracterização em Ha da Tabela 3 e 4 sobre o uso do solo traduz o quadro drástico de transformações no período estudado, entre 1986 e 2016.

Tabela 3. Valores (em Ha) para as categorias de uso do solo dentro das faixas de domínio do Eixo Sul-Nordeste

Categoria	ESECAE		PNB		MOSAICO	
	1986 (anexo 13)	2016 (anexo 14)	1986 (anexo 15)	2016 (anexo 16)	1986 (anexo 17)	2016 (anexo 18)
Água	0	0	0	0	0	0
Antropizado – Agrícola	147,20	85,48	146,06	31,28	90,90	71,27
Antropizado – Urbano	0	105,3	14,45	170,87	119,57	208,68
Vegetação Natural	113,43	69,88	514,58	473,11	169,24	99,75

Fonte: Nakagomi (2017).

Tabela 4. Valores (em Ha) para as categorias de uso do solo dentro das faixas de domínio do Eixo de Circunvalação (DF- 001)

Categoria	ESECAE		PNB		MOSAICO	
	1986	2016	1986 (anexo 15)	2016 (anexo 16)	1986 (anexo 17)	2016 (anexo 18)
Água	0	0	0	0	0	0
Antropizado – Agrícola	0	0	0,98	138,85	0.24	0,79
Antropi- zado – Urbano	0	0	53,60	0	80,17	88,48
Vegetação Natural	0	0	152,22	68,03	16,58	7,72

Fonte: Nakagomi (2017).

2.2 Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE

Ana Paula Camelo

A Reserva Biológica de Águas Emendadas foi criada pelo Decreto nº 771, de 12 de agosto de 1968, passa a denominar-se Estação Ecológica de Águas Emendadas — pelo decreto 11.137 de 16/06/1988. A criação da unidade em 1968 teve por finalidade a conservação integral do aspecto fisiográfico excepcional da região conhecida por “Águas Emendadas” e seu contexto associado à flora, fauna e belezas naturais, admitidas as atividades: a) educacionais de nível superior; b) científicas, compreendendo os três reinos; c) artísticas e de ciências aplicadas.

O resultado relevante da pesquisa diz respeito à análise de insulamento da unidade e respectiva caracterização em mapeamento, que foi analisada por meio de quantificação de mudanças do uso do solo e por métricas da paisagem. Para tanto, foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5 e Landsat 8. Para realizar a classificação do uso do solo foram considerados os anos 1986, 1996, 2006 e 2016 (Camelo, set 2017).

2.2.1 Crescimento urbano – ESECAE e AID

A expansão urbana foi analisada no longo prazo, considerando a região administrativa de Planaltina (RA VI) e a AID. Foi realizado o computo das áreas urbanas, em hectares, para os anos 1958, 1964, 1975, 1982, 1986, 1991, 1997, 2004, 2009, 2013, 2014 e 2015, considerando fontes da SEGETH e segundo metodologia anteriormente descrita para cálculo de taxas de incremento. Conforme Tabela 1 e Figura 1 (a, b, c), os anos de 1975, 1991 e 2004 demarcam os picos de crescimento urbano.

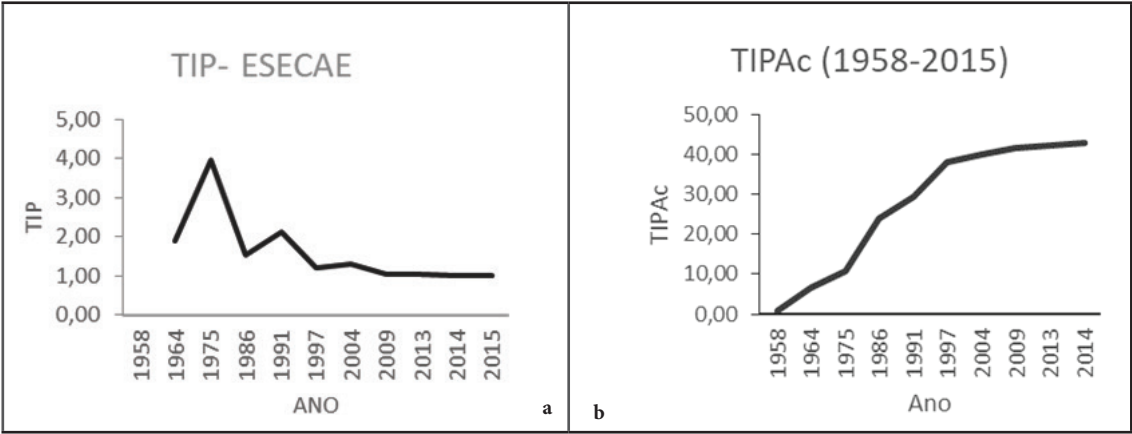
Tabela 1. Expansão urbana – AID da ESECAE – 1958 – 2015.

Ano	Área (ha)	Área Urbana Acumulada (ha)	Taxa de Incremento Periódico (TIP)	Taxa de Incremento Periódica Acumulada (TIPAc)	Taxa de Incremento Médio Anual (TIMA)
1958	26,05	26,05	-	-	-
1964	23,60	49,65	1,91	0,91	0,15
1975	147,17	196,82	3,96	6,55	0,27
1986	107,84	304,67	1,55	10,69	0,05
1991	344,76	649,42	2,13	23,93	0,23
1997	138,92	788,34	1,21	29,26	0,04
2004	229,60	1.017,94	1,29	38,07	0,04
2009	51,17	1.069,11	1,05	40,04	0,01
2013	41,98	1.111,09	1,04	41,65	0,01
2014	15,19	1.126,28	1,01	42,23	0,01
2015	19,86	1.146,13	1,02	42,99	0,02

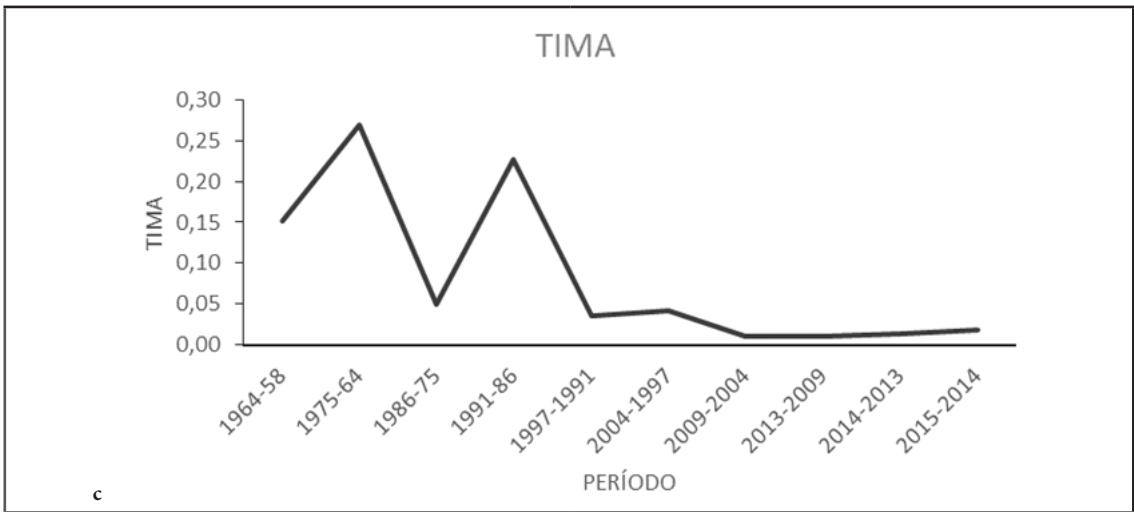
Fonte: Camelo (2017).

Para melhor visualização dos dados, estes estão dispostos na Figura 1 (a, b, c) abaixo.

Figura 1. Taxa de Incremento Periódico, Taxa de Incremento Periódico Acumulado e Taxa de Incremento Médio Anual da AID da ESECAE.







Fonte: Camelo (2017).

2.2.2 Análise das mudanças do uso do solo

As análises de transições do uso do solo foram realizadas para comparar os mapas por meio do software DINAMICA EGO. Três matrizes foram geradas entre os dados das imagens de 1986-1996, 1996-2006 e 2006-2016. Para esse cálculo foi utilizada a matriz de passo único corresponde a um único período de tempo, no caso, 10 anos. As taxas de transição aqui descritas determinam a quantidade líquida de mudanças, isto é, a porcentagem de terra que foi alterada para outro estado, e são, portanto, conhecidas como taxas líquidas, sendo adimensionais (CAMELO, 2017).

O uso do solo foi classificado em 6 classes: agrícola, urbano, reflorestamento, formações campestres e savânica (Cerrado), formações florestais e água. Na Tabela 2 estão dispostos os índices Kappa e a acurácia global das classificações realizadas. Uma vez que o índice Kappa de todas as imagens foi acima de 0,8, a classificação do uso do solo das imagens foi considerada excelente, conforme a classificação de Landis e Koch (1977). Os mapas de uso do solo foram elaborados para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016. Estão dispostos neste relato condensado os Mapas 01 e 02, referentes a 1986 e 2016.

Tabela 2. Resultado da classificação das imagens para classificação do uso do solo na ESECAE.

IMAGEM	ÍNDICE Kappa	Acurácia Global
1986	0,9375	95,61%
1996	0,9502	96,67%
2006	0,9505	97,09%
2016	0,9625	97,30%

Fonte: Camelo (2017).

A primeira análise a ser realizada foi a determinação da quantificação das mudanças do uso do solo por meio de Cadeias de Markov. A primeira análise de transição do uso do solo foi realizada para o período de 1986 a 1996 (Tabela 3). Cabe ressaltar que a taxa de conversão é uma taxa líquida.

Tabela 3. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 1986 e 1996.

(continua)		
Classe inicial (1986)	Classe final (1996)	Taxa de conversão (%a.a)
Urbano	Agrícola	2,22
Formações Savânicas e Campestres	Urbano	0,47
Formações Savânicas e Campestres	Agrícola	4,65
Agrícola	Urbano	0,60
Agrícola	Formações Savânicas e Campestres	2,09
Agrícola	Formações Florestais	0,17
Formações Florestais	Urbano	0,18

Tabela 3. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 1986 e 1996.

(finalização)		
Classe inicial (1986)	Classe final (1996)	Taxa de conversão (%a.a)
Formações Florestais	Formações Savânicas e Campestres	2,77
Formações Florestais	Agrícola	1,63
Reflorestamento	Urbano	0,08
Reflorestamento	Formações Savânicas e Campestres	1,54
Reflorestamento	Agrícola	8,31

Fonte: Camelo (2017).

O segundo período de transição analisado foi de 1996 a 2006 (Tabela 4).

Tabela 4. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 1996 e 2006.

Classe inicial (1996)	Classe final (2006)	Taxa de conversão (%a.a)
Urbano	Formações Savânicas e Campestres	1,00
Urbano	Agrícola	2,10
Formações Savânicas e Campestres	Urbano	0,79
Formações Savânicas e Campestres	Agrícola	3,03
Formações Savânicas e Campestres	Formações Florestais	0,87
Agrícola	Urbano	0,60
Agrícola	Formações Savânicas e Campestres	1,08
Agrícola	Formações Florestais	0,64
Formações Florestais	Urbano	0,13
Formações Florestais	Formações Savânicas e Campestres	1,54
Formações Florestais	Agrícola	1,49

Fonte: Camelo (2017).

O terceiro e último período de transição analisado foi de 2006 a 2016. Os resultados estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 2006 e 2016.

Classe inicial (2006)	Classe final (2016)	Taxa de conversão (%a.a)
Urbano	Formações Savânicas e Campestres	2,31
Urbano	Agrícola	2,30
Urbano	Reflorestamento	0,03
Formações Savânicas e Campestres	Urbano	0,48
Formações Savânicas e Campestres	Agrícola	2,02
Formações Savânicas e Campestres	Formações Florestais	0,34
Formações Savânicas e Campestres	Reflorestamento	0,06
Agrícola	Urbano	0,46
Agrícola	Formações Savânicas e Campestres	1,55
Agrícola	Formações Florestais	0,25
Agrícola	Reflorestamento	0,17
Formações Florestais	Urbano	0,39
Formações Florestais	Formações Savânicas e Campestres	4,67
Formações Florestais	Agrícola	2,43
Formações Florestais	Reflorestamento	0,14

Fonte: Camelo (2017).

No entanto, análises de transição não revelam a localização das mudanças do uso do solo. Nesse sentido, foram realizadas análises de persistência, onde foram detectadas as áreas com alteração do uso do solo, conforme Mapa 3, no item 3.2.5.

2.2.3 Análise da paisagem

Fragmentação da paisagem

O primeiro bloco de métricas de paisagem a ser avaliado foi o das métricas referentes às classes. Na Tabela 6 estão os resultados.

Tabela 6. Métricas de classes da paisagem.

NO	CLASSE	MÉTRICA		
		NP	PD	TCA
1986	Agrícola	885	5,11	5.416,02
	Formações Florestais	529	3,06	430,74
	Agrícola	885	5,11	5.416,02
	Formações Florestais	529	3,06	430,74
1986	Formações Savânicas e Campestres	1687	9,74	390,63
	Urbano	1	0,01	20,78
	Reflorestamento	2	0,01	88,74
	Agrícola	993	5,73	7.350,75
	Formações Florestais	773	4,46	474,75

NO	CLASSE	MÉTRICA		
		NP	PD	TCA
1996	Formações Savânicas e Campestres	1187	6,85	3.500,82
	Urbano	865	4,99	363,15
	Agrícola	1250	7,22	6.938,28
2006	Formações Savânicas e Campestres	1685	9,73	2.193,93
	Urbano	587	3,39	753,3
	Formações Florestais	1265	7,31	721.71
	Agrícola	787	4,55	7.043,76
	Formações Florestais	1043	6,02	250,92
2016	Formações Savânicas e Campestres	1017	5,87	3.580,11
	Reflorestamento	5	0,03	159,12
	Urbano	1037	5,99	899,1

Fonte: Camelo (2017).

Um ponto a ser observado é que, na maioria das vezes, uma vez que as quantidades de manchas aumentam, as áreas centrais (TCA) diminuem, indicando uma forte fragmentação daquela classe de uso do solo, principalmente nas classes de usos naturais, como as Formações Florestais e Formações Savânicas e Campestres.

Por outro lado, ao analisar as métricas para o uso urbano e agrícola, o aumento de número de manchas implicou aumento de áreas centrais, indicando que houve um aumento e expansão dessa classe de uso.

O segundo bloco de métricas de paisagem a ser avaliado foi o das métricas referentes à paisagem como uma única unidade. Na Tabela 7 estão os resultados.

Tabela 7. Métricas da paisagem.

ANO	MÉTRICA				
	ED	LSI	NDCA	CONTAG	SHDI
1986	99.1482	35.6503	1635	55,03	1,13
1996	42.5861	21.8122	1377	60,30	1,17
2006	108.8022	38.7585	1980	45,60	1,16
2016	84.4661	30.6748	1351	54,62	1,14

Fonte: Camelo (2017).

Observa-se que o ano de 2006 é o que apresenta maiores valores das métricas analisadas, o que indica que é o ano em que houve maior fragmentação da paisagem. No ano de 2016 há uma maior uniformidade, pois o uso agrícola já está mais dominante na paisagem.

No ano de 2006, a métrica de densidade de bordas (ED) é a mais elevada, assim como a métrica de número de fragmentos com área nuclear (NDCA). O valor elevado de NDCA indica que a paisagem está sendo fragmentada. Além disso, o LSI, para esse mesmo ano, também é elevado para o período, quando há um aumento dessa métrica, há um aumento da desagregação das manchas das classes de uso, ou seja, há fragmentação (McGARIGAL; MARKS, 1995).

Ressalta-se que o SHDI aumenta à medida que o número de diferentes tipos de manchas aumenta e/ou a distribuição proporcional da área entre os tipos de patch torna-se mais equitativa. Assim, é possível observar que em 1986 há o menor valor da métrica (1.1279), pois há menor fragmentação, com predominância de áreas naturais, já em 2016 o valor também sofre diminuição, pois há uma predominância da classe agrícola na paisagem.

Além disso, a métrica de contágio apresenta o menor valor da série estudada. De acordo com (PEREIRA et al, 2001) o índice de contágio é um excelente indicador da fragmentação da paisagem. Ressalta-se que valores baixos do índice de contágio em geral caracterizam paisagens com muitas manchas pequenas e dispersas, corroborando a análise das outras métricas analisadas.

Persistência da paisagem

A persistência das classes nesse período estudado também foi calculada. Esse processo foi realizado por álgebra de mapas para os períodos 1986-1996, 1996-2006 e 2006-2016, além de para o período 1986-2016, e calculado conforme a equação, já anteriormente referida.

PERSISTÊNCIA = A<sub>j</sub> - A<sub>i</sub>

No Mapa 3 está representada a análise de persistência da paisagem entre 1986 e 2016 para a AID. Os Mapas 1 e 2 traduzem a análise do uso de solo da área de estudo em 1986 e 2016.

A dimensão de análise da persistência torna apreensível o caráter dinâmico da fragmentação da paisagem por alteração da cobertura da vegetação nativa. A ocupação do solo entre 1986 e 2016 se caracteriza pela substituição consecutiva de áreas reflorestadas, anteriores a 1986, por uso agrícola. Como demonstra o Mapa 2, a zona urbana, ao sul da Unidade, apresenta um crescimento significativo no período, conforme os diferentes cálculos dessa alteração apresentados acima. O intervalo de 1986 a 1997 é o de maior intensificação do processo de urbanização. Apesar do menor ritmo no período posterior, a expansão do núcleo urbano de Planaltina continua a exercer um processo de agregação de áreas adjacentes.

Para essa etapa foram consideradas as mudanças ocorridas entre 1996-1986, 2006-1996, 2016-2006 e, para verificar o insulamento e a modificação do uso do solo, foi considerado também o período 2016-1986.

Na Tabela 8 está disposta a quantidade de áreas que tiveram mudança do uso do solo em termos percentuais. Ressalta-se que esse valor é referente somente à área correspondente ao raio de 3 Km (Área de Influência Direta) da unidade, que equivalem a 17282 ha.

Tabela 8. Percentual de áreas inalteradas e modificadas entre os anos estudados da AID.

Período	Área Inalterada (%)	Área Modificada (%)
1996-1986	52	48
2006-1996	68	32
2016-2006	66	34
2016-1986	49	51

Fonte: Camelo (2017).

## 2.2.4 Suscetibilidade a incêndios florestais e erosão

### Identificação de zonas sujeitas a impactos de incêndios florestais

Essa etapa teve como objetivo desenvolver uma proposta de zoneamento de suscetibilidade à ocorrência de incêndios para a Estação Ecológica Águas Emendadas (ESECAE) e sua área de influência direta (3 Km). Para tanto, foram utilizadas variáveis físicas associadas às fontes de ignição e aos fatores de ocorrência e propagação dos incêndios florestais.

Além do zoneamento de suscetibilidade a incêndio, conforme referido uso de método multi-critério aditivo, foram elaborados mapas contendo as zonas de maior probabilidade de ocorrência de focos de calor, considerando a repartição por quadrantes e as funções de densidade Kernel. As metodologias propostas foram validadas com o uso das informações das áreas queimadas.

Na Tabela 9 estão dispostas as informações do banco de dados utilizados para essas análises.

Tabela 9. Banco de dados utilizados para análise de suscetibilidade a incêndios.

Dados	Fonte
Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2016)	Realizado a partir de Imagem Landsat 8 ponto 221 órbita 71
Mapa de Vias e Rodovias	SEGETH (2017)
Curvas de nível	SEGETH (2017)

Fonte: Camelo (2017).

Tabela 10. Banco de dados utilizados para análise de suscetibilidade a incêndios e identificação de áreas de risco.

MAPA	FONTE
Uso do Solo	Imagem Landsat 8 pontoórbita 221/71. As classes utilizadas estão dispostas no quadro 2.
Declividade e Aspecto	SEGETH (2017)
Limite ESECAE	
Focos de Calor	INPE (Anos 1999 à 2016)
Cicatrizes de Áreas Queimadas	INPE (Anos 1999 à 2016)

Fonte: Camelo (2017).

Nos Mapas 4, 5, 6 de análise de Suscetibilidade a Incêndios Florestais e de respectivas Áreas de Risco fica exposta a zona de contato urbano associado à rodovia ao Sul da ESECAE e a zona ao norte de intensa fragmentação da paisagem, como os pontos de maior vulnerabilidade, nos Quadrantes 2, 3 e 4.

### Análise de suscetibilidade à erosão

Nesta etapa foram processados os dados conforme metodologia descrita em item anterior, na qual o algoritmo recomendado, adequado aos mapas raster utilizados, foi:  $A_{ij} = \sum (P_k \times N_k)$  em que  $A_{ij}$  é qualquer célula da matriz (alternativa) de acordo com o número de parâmetros envolvidos, que variam de  $i$  a  $j$ ;  $P$  é o peso atribuído ao parâmetro, transposto o percentual para a escala de 0 a 100;  $k = 1$ ; e  $N$  é a nota na escala de 0 a 10, atribuída à categoria encontrada na célula.

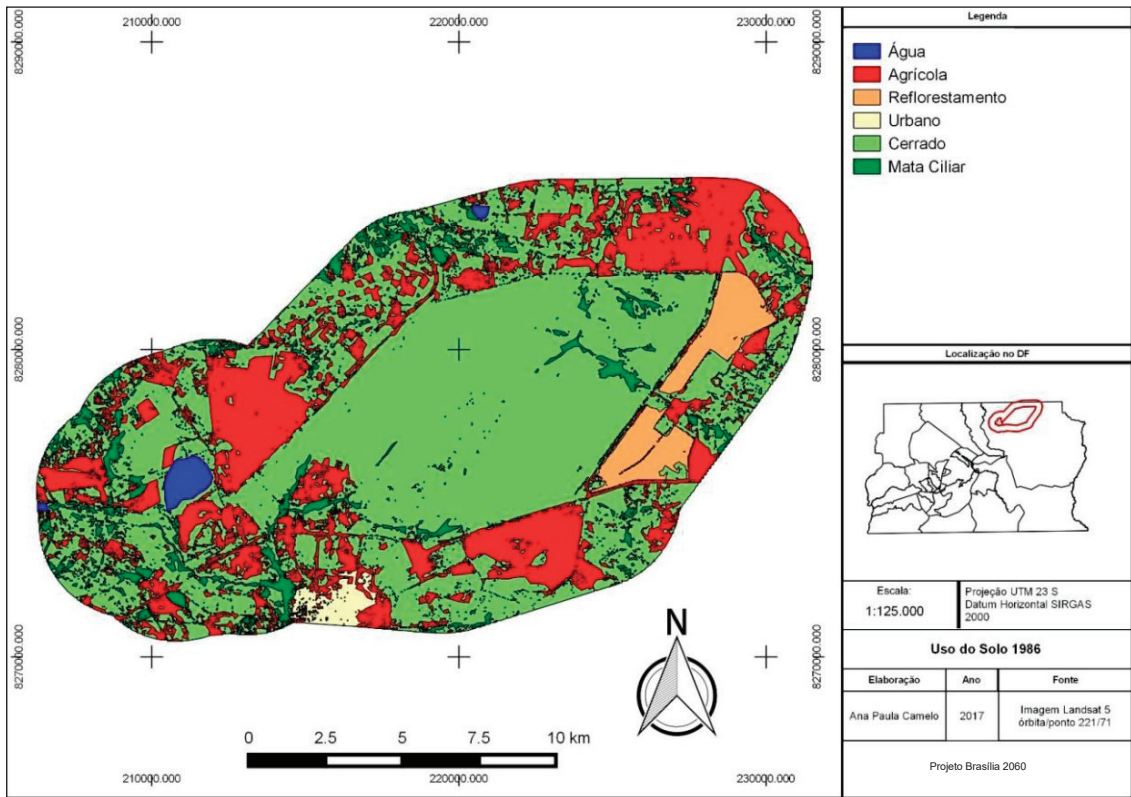
Para a atual análise foram considerados a pedologia, a declividade e o uso atual do solo da ESECAE e de sua área de influência. As características pedológicas de maior importância para estudos erosivos são aquelas relacionadas à capacidade de infiltração da água no solo e à capacidade do solo em resistir ao destacamento e arraste de partículas pelo escoamento. Características do solo, como porosidade e grau de agregação, afetam diretamente a capacidade de infiltração e o escoamento superficial. Algumas dessas características encontram-se associadas, de forma qualitativa, à taxonomia dos solos (Reis et al., 2006).

Portanto, para classificar e atribuir pesos ao fator pedologia, inicialmente os solos da área de estudo foram classificados conforme seu grupo hidrológico (Lombardi Neto et al., 1989), essa classificação leva em consideração o fator de erodibilidade do solo. Assim, aos solos dos grupos com menor resistência a erosão foram atribuídas as maiores pontuações. Os pesos atribuídos são os já referidos no Quadro 3, dos Marcos Metodológicos.

Nos Mapas 7 e 8 identificam-se o tipo de solo, segundo a classificação da Embrapa, e o resultado da análise de suscetibilidade à erosão. Notar a equivalência entre zonas sul e leste da área de estudo para suscetibilidade à erosão com zonas de risco de Incêndios Florestais.

2.2.5 Mapas – resultados

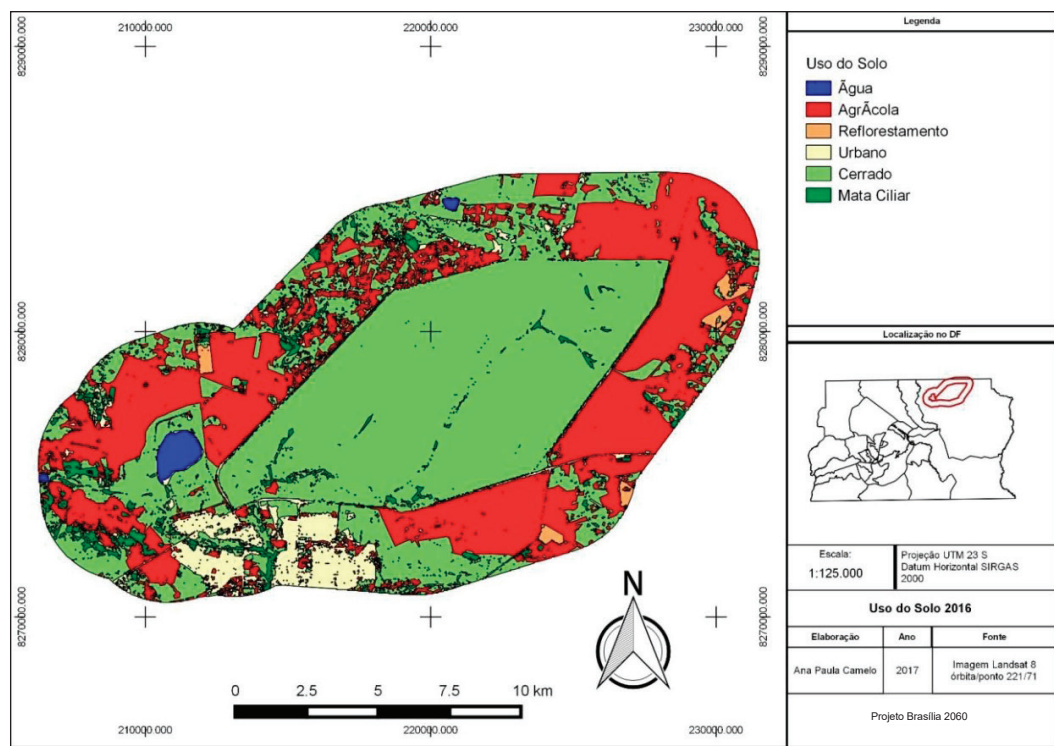
Mapa 1. Uso do solo ESECAE e AID – 1986.



Fonte: Camelo (2017).

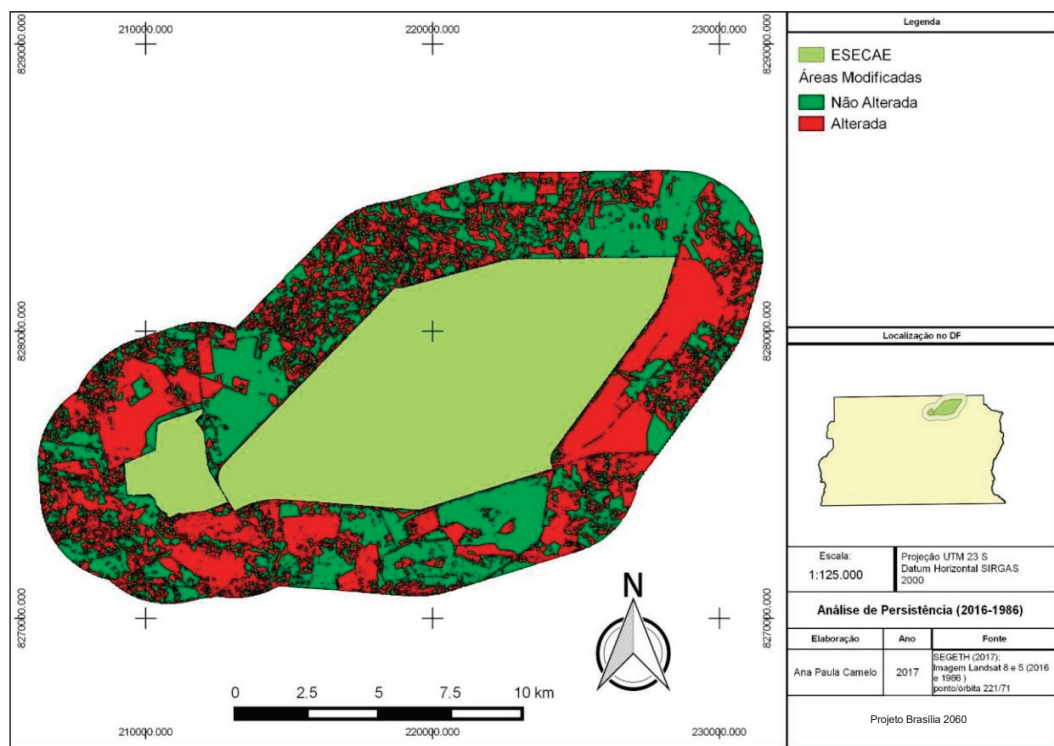


Mapa 2. Uso do solo ESECAE e AID – 2016.



Fonte: Camelo (2017).

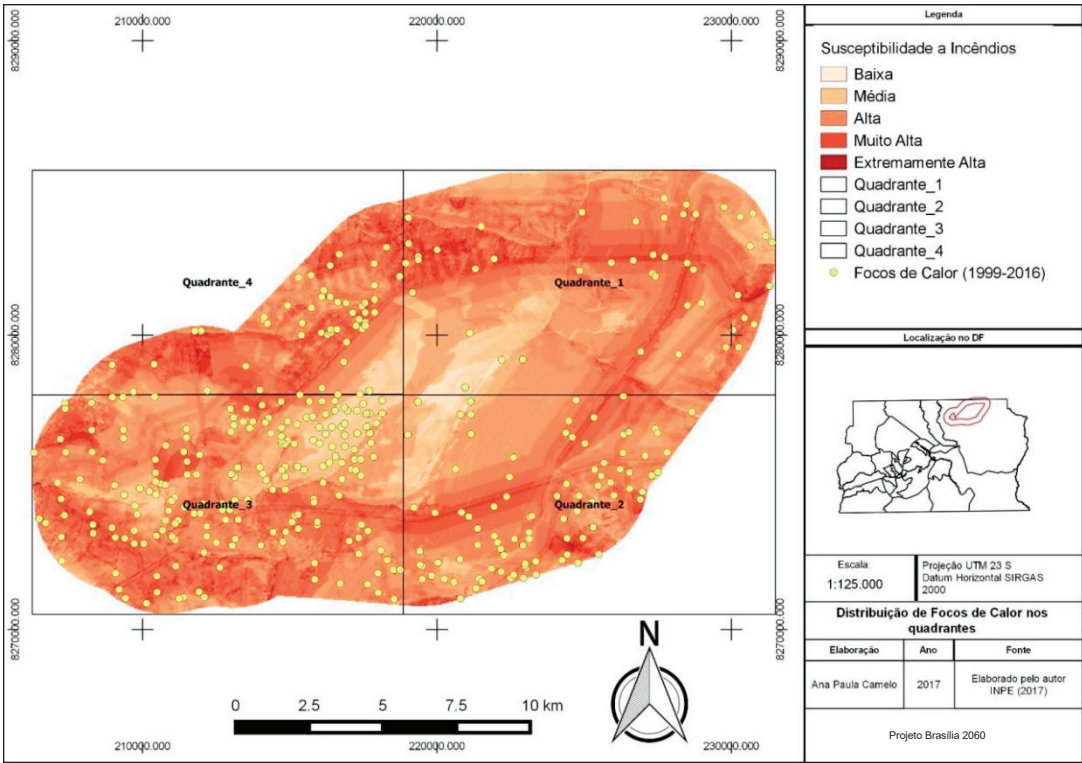
Mapa 3. Análise de Persistência da Paisagem na AID da ESECAE.



Fonte: Camelo (2017).

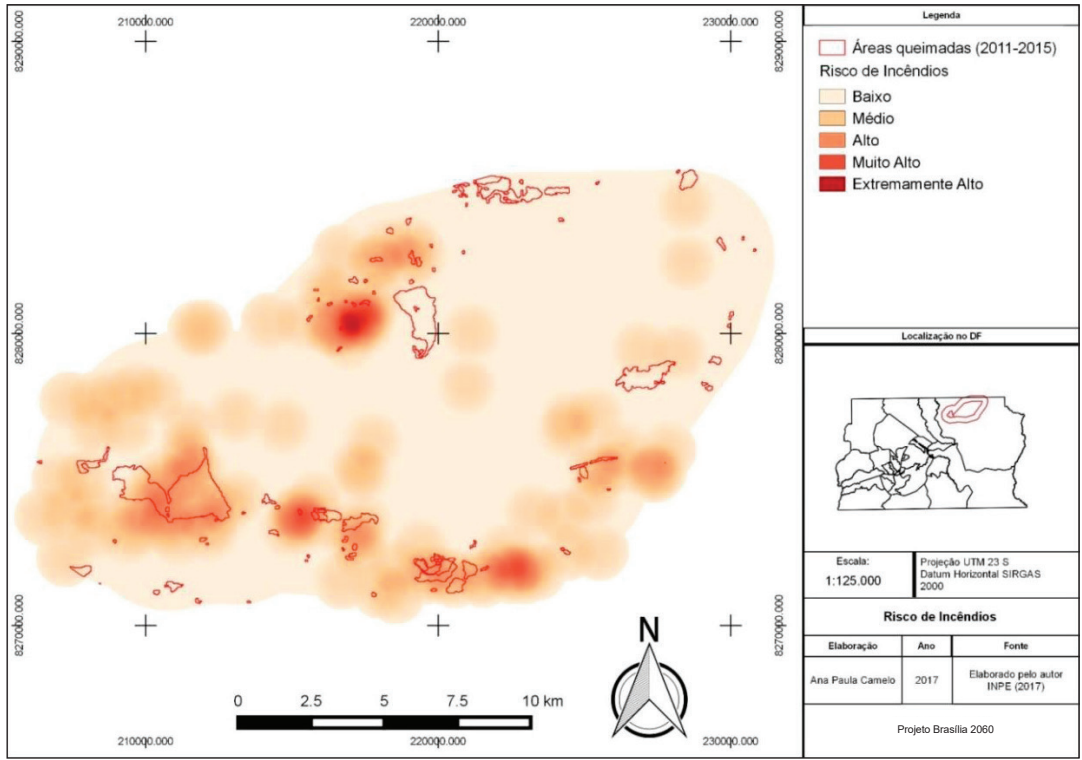


Mapa 4. Suscetibilidade a Incêndios Florestais e focos de calor em Quadrantes na ESECAE e AID.



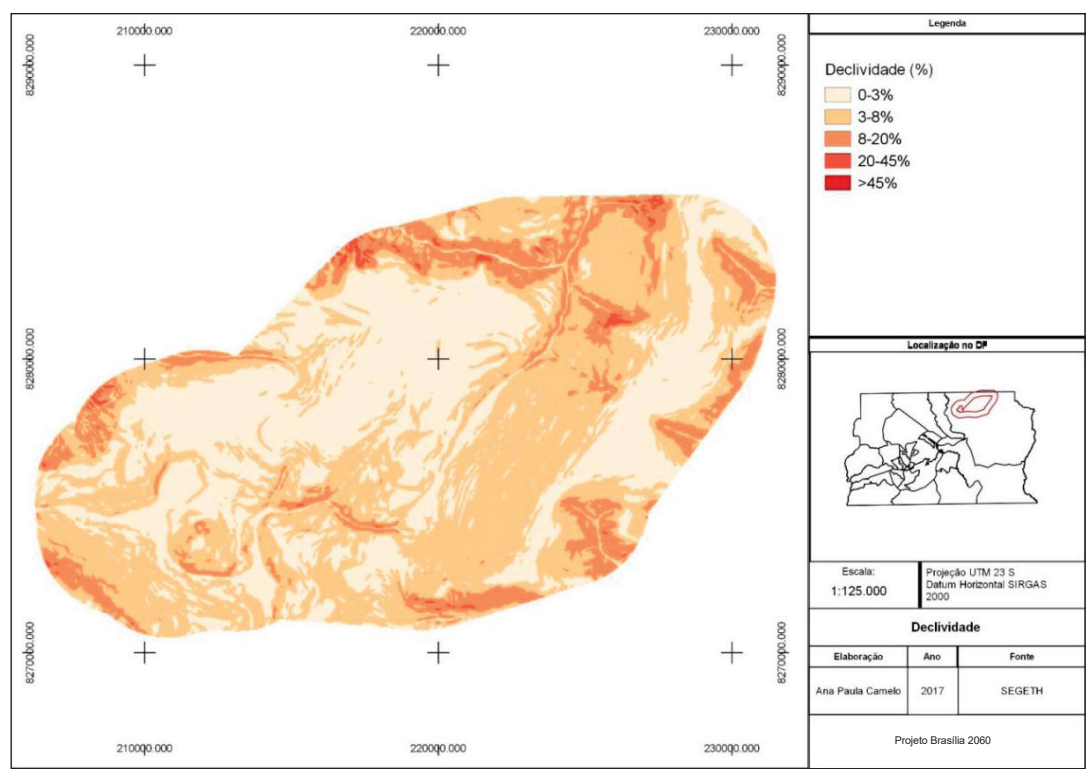
Fonte: Camelo (2017).

Mapa 5. Áreas de Risco de Incêndios Florestais e Áreas queimadas na ESECAE e AID.



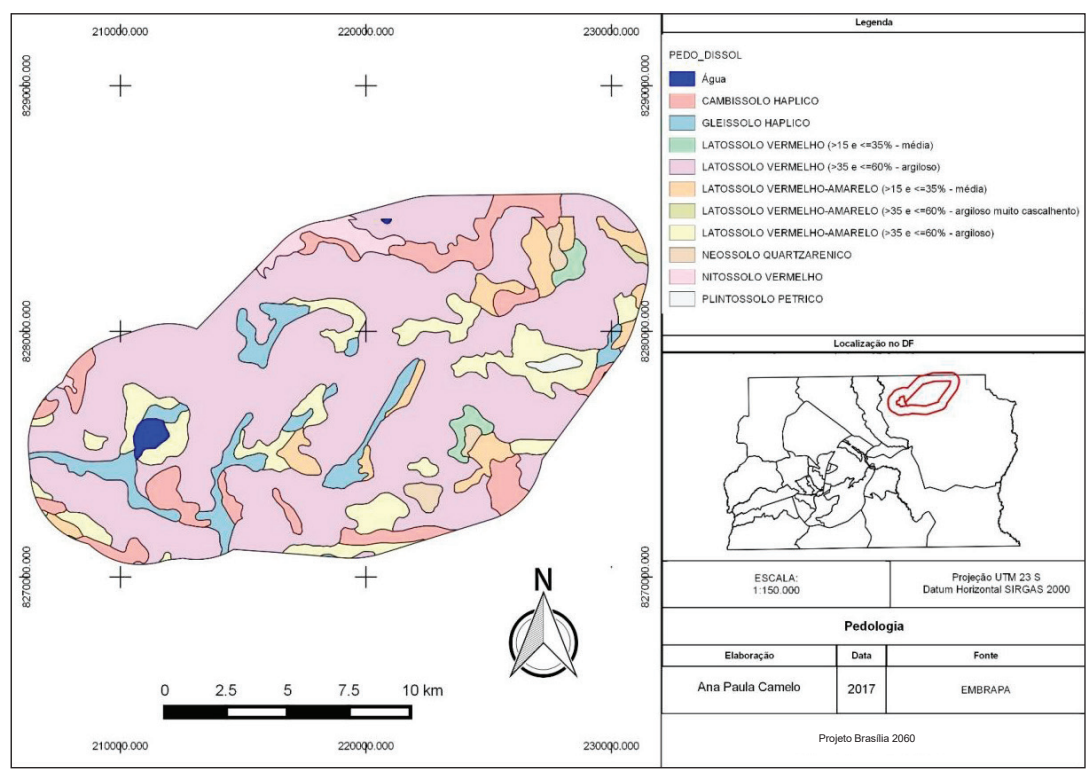
Fonte: Camelo (2017).

Mapa 6. Declividade na ESECAE e AID.



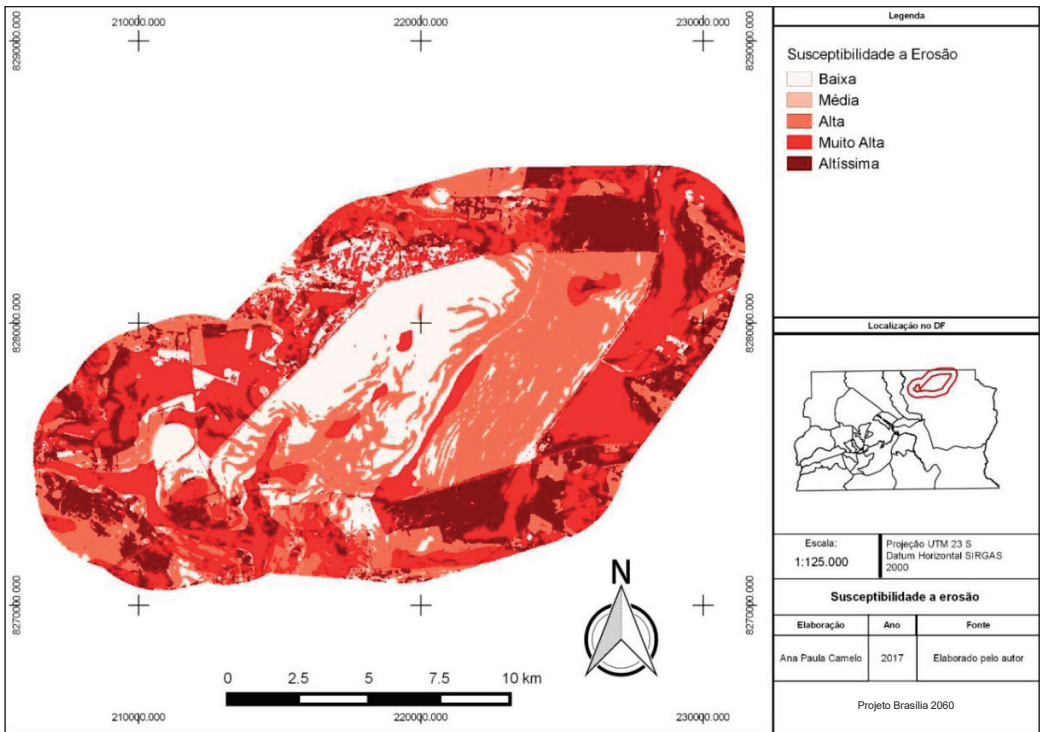
Fonte: Camelo (2017).

Mapa 7. Pedologia na ESECAE e AID.



Fonte: Camelo (2017).

Mapa 8. Suscetibilidade à Erosão na ESECAE e AID.



Fonte: Camelo (2017).

2.3 Parque Nacional de Brasília – PNB

Caio Dias

O Parque Nacional de Brasília, gerido pelo ICMBIO/MMA, foi criado pelo Decreto nº 241, de 29 de novembro de 1961, com múltiplas finalidades, entre elas garantir o abastecimento público de água à capital federal. Possui atualmente uma área de 42.389,01 hectares, após a Lei 11.285, de 08 de março de 2006, em contato com várias regiões administrativas (Brasília-DF, Sobradinho-DF e Brazlândia-DF) e o município goiano de Padre Bernardo.

O levantamento, tratamento e organização dos dados geoespaciais sobre o PNB tiveram início com a aquisição da poligonal do PNB que é disponibilizada no site da Unidade de Conservação no portal do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBIO. Em posse da poligonal, foi gerado raio de 3 quilômetros delimitando a Área de Influência Direta – AID do PNB.

O portal online do United States Survey Geological Survey (USGS) disponibiliza imagens de diversos satélites e sensores de variadas datas que podem ser baixadas e utilizadas gratuitamente, dependendo apenas de um cadastro no portal (ou no catálogo de mapas do Inpe). Para o presente estudo, foram utilizadas imagens do sensor LANDSAT-5 dos anos de 1986, 1996, 2006 e LANDSAT-8 para o ano de 2016 para a geração dos mapas de uso e ocupação do solo multitemporais.

O GEOPORTAL da Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação do Distrito Federal – SEGETH oferece uma base de dados sólida que contém diversas informações sobre o DF. A análise e escolha dos dados georreferenciados disponibilizados no Geoportal foi baseada nos objetivos pretendidos no presente estudo. Na aba “metadados” foi possível realizar o download dos “shapefiles” de área urbana do DF dos anos 1960, 1964, 1982, 1986, 1991, 1997, 2009 e 2013 e ainda das curvas de nível de 5 metros.

As informações georreferenciadas acerca dos solos do DF são da Embrapa (Embrapa, 1979) e a base de solos do estado do Goiás foi encontrada no site do Sistema Estadual de Geoinformação – SIEG (<http://www.sieg.go.gov.br/>).

As informações de focos de queimadas que ocorreram na área do PNB e sua AID nos anos de 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016 foram adquiridas no Banco de Dados de Queimadas, que reúne os dados de diversos sensores e é disponibilizado no portal online do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Dispondo dos arquivos vetoriais georreferenciados, o software ArcGIS 10.5, com licença estu-  
dantil, foi utilizado para organizar esses arquivos em um Banco de Dados Espacial. Todos os dados (vetoriais e raster) foram adequados a um sistema de projeção geográfica, cuja função é transformar as coordenadas geográficas, a partir de uma superfície esférica (elipsoidal), em coordenadas planas, mantendo correspondência entre elas. O sistema SIRGAS 2000 foi escolhido por ser o sistema de referência oficial adotado pelo Brasil (IBGE, 2005). Dentro desse sistema, a zona UTM 23 Sul comporta a maior parte da área do PNB, tornando-se padrão para todos os arquivos geoprocessados.

2.3.1 Análise do crescimento de área urbana

O resultado da análise do impacto da urbanização sobre o Parque Nacional de Brasília (PNB) teve por base dados oficiais da área urbana, conforme configuração da AID de 3 km do PNB (SEGETH). A análise seguiu metodologia já descrita e pode ser visualizada no Mapa 1, que apresenta as áreas de crescimento urbano por datação dos registros documentais. Além disso, na Tabela 1, abaixo, são descritos tais valores de áreas em hectares, a partir dos dados disponíveis. Note-se que os intervalos não são regulares, mas a mensuração de áreas, em ha, é acumulativa, em que os registros de datação correspondem a um longo período de expansão antecedente, sem retrocesso na ocupação urbana. De qualquer forma, apesar da não regularidade, é possível reconhecer períodos de maior crescimento.

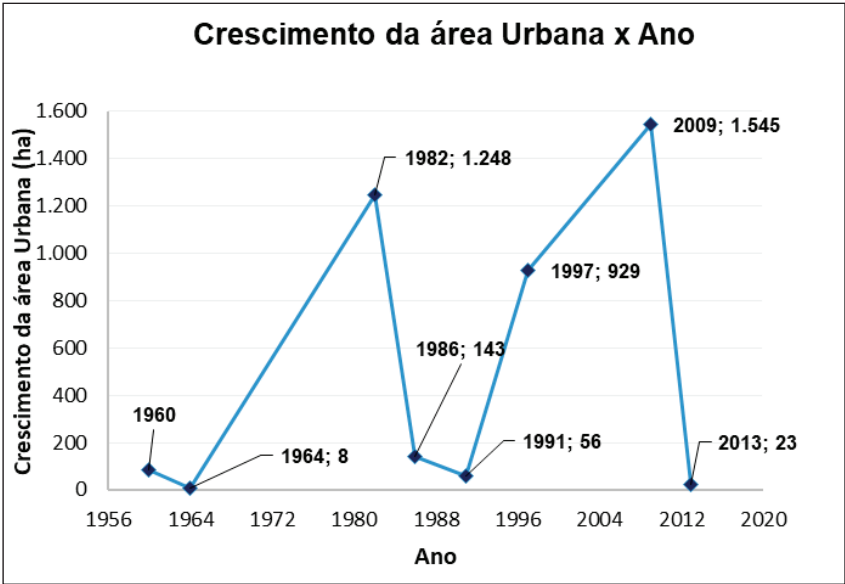
Tabela 1. Crescimento da Área Urbana na AID a cada ano (ha).

Ano	Crescimento de área urbana na AID (ha)
1960	0
1964	8,03
1982	1.248,14
1986	143,23
1991	56,47
1997	929,47
2009	1.545,97
2013	23,07

Fonte: Dias (2017).

Nota-se que até os anos de 1982 e de 2009 ocorreram os maiores crescimentos absolutos em área urbana na AID, como pode ser facilmente percebido pelos picos na Figura 1.

Figura 1. Crescimento de área urbana – AID do PNB.



Fonte: Dias (2017).

Em relação aos índices de análise do crescimento urbano, obtiveram-se os resultados descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Índices de análise do crescimento urbano.

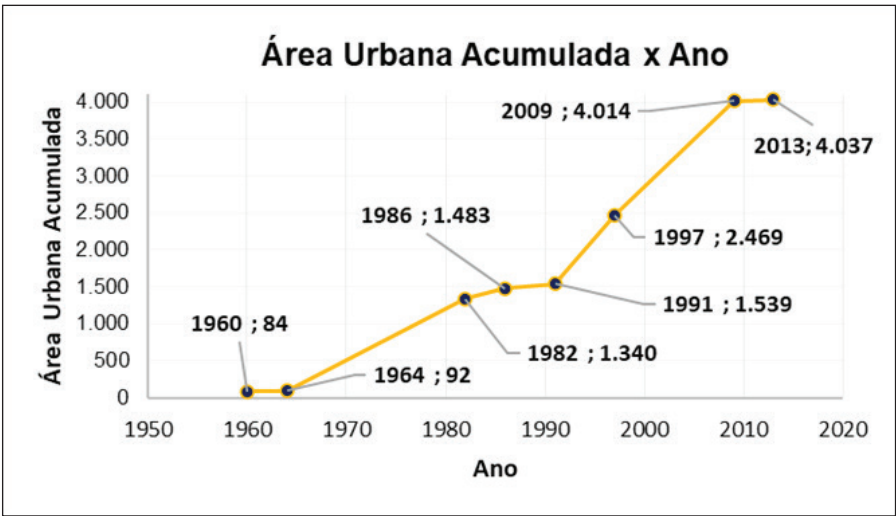
Ano	AUA	TIP	CAA	TIMA
1960	84	-	-	-
1964	92	9,60%	0,20%	2,4%
1982	1.340	1362,12%	30,92%	75,67%
1986	1.483	10,69%	3,55%	2,67%
1991	1.539	3,81%	1,40%	0,76%
1997	2.469	60,38%	23,02%	10,06%
2009	4.014	62,58%	38,27%	5,21%
2013	4.037	0,57%	0,57%	0,14%

Fonte: Dias (2017).

A área urbana acumulada (AUA) de cada ano representa o total de área urbana na AID no respectivo ano. Visualizando esses dados graficamente na Figura 2, é possível ver a variação do crescimento urbano conforme os registros temporais.



Figura 2. Área urbana acumulada por ano.

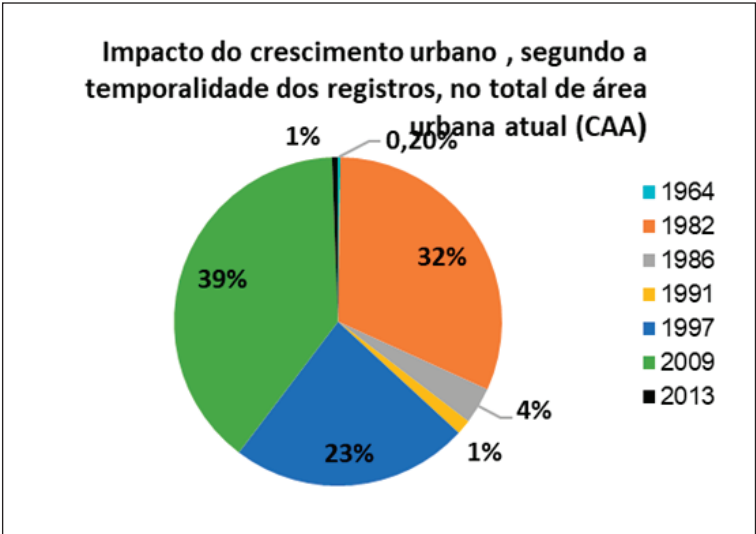


Fonte: Dias (2017).

Embora a taxa de incremento periódica (TIP) entre os anos de 1997 e 2009 apresente o valor de 62,58%, nesse período ocorreu o maior crescimento em área urbana absoluta 1.545,97 ha. A baixa porcentagem, comparada ao período de 1964 a 1982, é justificada pelo fato de a taxa ser periódica e levar em conta a área urbana acumulada do período anterior. Por isso a TIP no período de 1964 a 1982 é tão elevada (1362,12%), pois no período anterior, 1960 a 1964, havia uma área urbana acumulada de apenas 92 ha, assim, o crescimento de área urbana absoluta igual 1.248,14 ha representa uma taxa de incremento periódica muito elevada.

A CAA nos mostra o quanto o crescimento de cada ano impactou no total de área urbana atual na AID, no caso, para o ano de 2013, visto que é o dado mais recente de área urbana que dispomos. Na Figura 3, fica clara a influência do período até 1982 e do período entre 1997 e 2009 na área urbana total.

Figura 3. Impacto do crescimento urbano proporcional.



Fonte: Dias (2017).



2.3.2 Análise da paisagem – 1986 - 2016

Persistência da paisagem

A análise de persistência da paisagem trouxe como resultante relevante a quantificação proporcional de mudança e sua periodicidade. Na Tabela 3, considerando os períodos estudados, estão dispostas as quantidades de áreas que sofreram mudança no uso do solo e as que se mantiveram em termos percentuais (persistência da paisagem). Ressalta-se que área considerada para o estudo foi o PNB e sua AID, pois no Parque as mudanças são visíveis, como pode ser percebido no Mapa 2, que aborda o período inicial e final da análise. Note-se que a área do Parque era inferior à atual, que foi objeto de expansão pela Lei nº 11.285, de 8 de março de 2006. O relatório de pesquisa detalha período a período, mas para efeito deste panorama geral, este mapeamento é suficiente para demonstração do processo existente de transformação da paisagem.

Tabela 3. Quantidades de áreas que sofreram mudança no uso do solo em termos percentuais.

Período	Área Modificada (%)	Área Inalterada (%)
1996-1986	17,11	82,89
2006-1996	19,98	80,02
2016-2006	19,54	80,46
2016-1986	22,60	77,40

Fonte: Dias (2017).

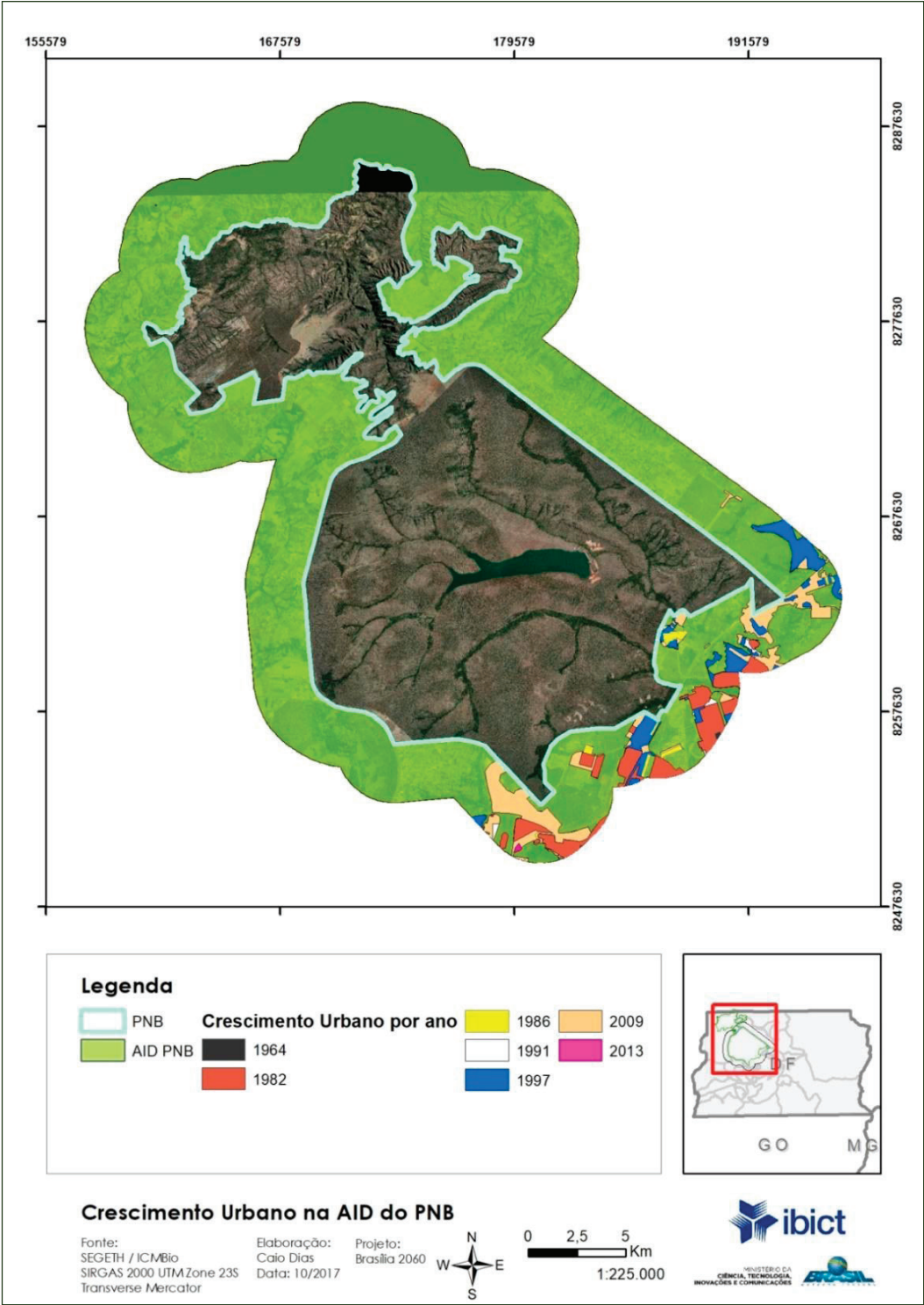
Percebe-se que a cada ano cerca de 20% da área total da AID sofreu alguma mudança em seu uso e ocupação. A fim de entender melhor essas alterações, estas foram quantificadas de acordo com as classes e por período, como pode ser visualizado na Tabela 4.

Tabela 4. Mudanças na ocupação do solo por períodos.

Classe Inicial	Classe Final	1986-1996		1996-2006		2006-2016	
		% da Classe Inicial alterada para cada classe	% Total da Classe Inicial Alterada	% da Classe Inicial alterada para cada classe	% Total da Classe Inicial Alterada	% da Classe Inicial alterada para cada classe	% Total da Classe Inicial Alterada
Agrícola	Água		47,65%		45,94%		68,97%
	Formação Campestre	45,63%		38,37%		56,48%	
	Formação Florestal	1,38%		1,52%		6,32%	
	Reflorestamento	0,00%		0,00%		0,01%	
	Urbano	0,64%		6,05%		6,17%	
Água	Agrícola		3,37%		1,24%		14,27%
	Formação Campestre	2,85%		0,51%		12,81%	
	Formação Florestal	0,18%		0,65%		1,40%	
	Reflorestamento						
	Urbano	0,34%		0,08%		0,06%	
Formação Campestre	Agrícola	3,98%	12,22%	6,53%	13,76%	2,46%	11,72%
	Água	0,13%		0,30%		0,01%	
	Formação Florestal	5,20%		2,22%		6,09%	
	Reflorestamento	0,48%		0,28%		0,14%	
	Urbano	2,43%		4,43%		3,03%	
Formação Florestal	Agrícola	1,63%	21,24%	1,73%	38,36%	0,32%	22,78%
	Água	0,07%		0,09%		0,09%	
	Formação Campestre	17,90%		33,76%		20,98%	
	Reflorestamento	0,40%		0,89%		0,90%	
	Urbano	1,24%		1,88%		0,49%	
Reflorestamento	Agrícola	0,01%	27,26%	12,53%	46,83%	0,00%	14,90%
	Água	0,00%		0,00%		0,00%	
	Formação Campestre	18,72%		28,96%		11,52%	
	Formação Florestal	8,06%		1,79%		3,28%	
	Urbano	0,48%		3,55%		0,10%	
Urbano	Agrícola	2,73%	41,11%	1,99%	31,22%	2,17%	31,60%
	Água	0,02%		0,05%		0,04%	
	Formação Campestre	37,52%		27,39%		25,63%	
	Formação Florestal	0,84%		1,53%		3,41%	
	Reflorestamento						

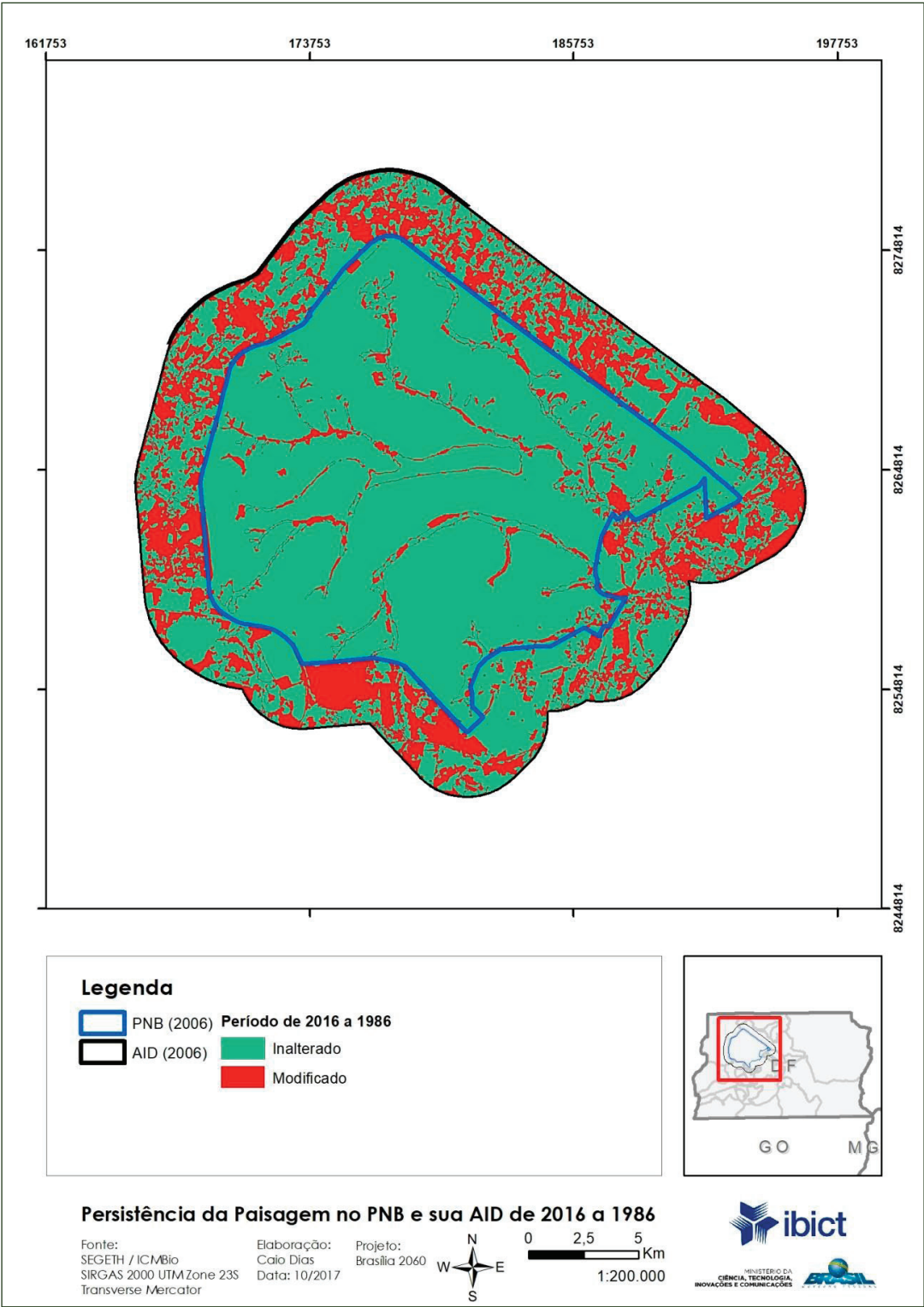
Fonte: Dias (2017).

Mapa 1. Crescimento urbano na AID do PNB.



Fonte: Dias (2017).

Mapa 2. Persistência da paisagem PNB e AID – 2016 e 1986.



Fonte: Dias (2017).

### ***Fragmentação da paisagem – análise***

A análise de persistência da paisagem no PNB e na sua AID (envolvência de 3 km) foi realizada considerando os parâmetros metodológicos já descritos e o período temporal de 1986 a 2016, a partir das fontes disponíveis dos sensores Landsat 5 e 8. Convém comparar ao final a análise do impacto da urbanização, conforme Mapa 1, e a análise da transformação da paisagem, conforme Mapa 2, em que outras variáveis são consideradas. Algumas adaptações metodológicas foram necessárias, tendo em conta a dimensão e diversidade de paisagens do PNB e sua AID.

Dessa forma, considerem-se as seguintes etapas de tratamento dos dados do PNB e sua AID para o estudo de fragmentação da paisagem:

1. A caracterização do insulamento do PNB nos limites da AID foi baseada na realização de um estudo da fragmentação da paisagem. O insulamento da Unidade de Conservação foi analisado por meio de métricas da paisagem e quantificação de mudanças do uso do solo. Para a realização dessas análises, utilizaram-se as imagens dos sensores Landsat 5 TM e órbita 221, ponto 71 para os anos 1986, 1996 e 2006 nos períodos da seca e Landsat 8, OLI órbita 221, ponto 71 para o ano de 2016 nos meses de setembro, período seco em que ocorre a menor incidência de nuvens, adquiridas no site da USGS, para a classificação do uso do solo da área do PNB e de sua AID. Para os anos de 1986, 1996 e 2006 foi utilizada a poligonal do PNB antes de sua expansão devido ao fato da área acrescida não fazer parte de uma área de proteção integral nos respectivos anos;
2. Inicialmente, realizou-se o pré-processamento das imagens dos satélites através do processo de correção atmosférica das imagens, que teve por base o princípio da refletância zero e do processo de correção geométrica, em que foram utilizados o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação do vizinho mais próximo;
3. A primeira tentativa de classificação do uso do solo da área do PNB e sua AID foi realizada no software ENVI 5.3 por meio da classificação supervisionada com o algoritmo de máxima verossimilhança. Diversas tentativas de classificar as imagens com essa metodologia foram feitas, porém devido à área da AID ser muito heterogênea (apresentar diversos tipos de fitofisionomia) e extensa (84.666 hectares) essa metodologia não apresentou resultados satisfatórios;
4. Diante da dificuldade em encontrar resultados satisfatórios para a classificação do uso solo das imagens, a metodologia de classificação orientada a objetos geográficos foi testada, e essa se mostrou a mais eficiente no mapeamento do uso da terra. Essa classificação baseia-se no agrupamento de pixels a partir da segmentação da imagem. Nesse método, a segmentação é o passo preliminar que divide a imagem em objetos homogêneos e contíguos, e a acurácia da segmentação afeta diretamente o desempenho da classificação;
5. Os melhores resultados encontrados através dessa metodologia foram obtidos com o algoritmo de segmentação de borda em nível de escala de 20% e com o algoritmo de fusão (merge) “full lambda schedule” em nível de 70%;
6. Após a segmentação da imagem ser realizada pelo software, foi feita a identificação das classes de uso do solo em seis classes conforme descrito na Tabela 5. Optou-se por não utilizar a classe de solo exposto, tendo em vista a rotação de culturas e grande parte dos solos expostos



serem derivados dessas rotações. A separação das fitofisionomias de Cerrado existentes seguiu o sistema de classificação das fitofisionomias do bioma descrito por Ribeiro e Walter (1998);

7. Nessa etapa, foram realizadas as determinações da quantificação das classes desses usos para a análise das mudanças do uso do solo e foram utilizadas métricas de paisagem para avaliar e mensurar o nível de fragmentação da paisagem;
8. As classificações do uso do solo do PNB e sua AID nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016 resultaram em seus respectivos mapeamentos. As imagens LANDSAT foram utilizadas para comparar e gerar as análises de transições do uso do solo de 10 em 10 anos, 1996-1986, 2006-1996 e 2016-2006, e em 30 anos, 2016-1986, através do software ArcGIS 10.5 por meio da ferramenta “Combine”. As taxas de transição descritas determinam a quantidade líquida de mudanças entre as classes. A persistência das classes durante todo o período estudado foi calculada através de álgebra de mapas para os períodos 1996-1986, 2006-1996, 2016-2006 e 2016-1986 (Mapa 2), para tanto, quando apresentaram mudanças entre as classes no uso do solo, essa foi diferente de zero.

A extensão para ArcGIS “Patch Analyst” foi utilizada para calcular as métricas de paisagem do PNB e sua AID com o intuito de avaliar a fragmentação dos usos do solo. Foram utilizadas métricas que analisam o agrupamento dos fragmentos por classe, comparando seus tamanhos e formas, e também com relação a toda a área de estudo (paisagem). Em relação às classes, foram avaliadas as seguintes métricas:

***TCA: TOTAL CORE AREA (Área total dos Núcleos Disjuntos)***

A área do total do núcleo é definida como o tamanho total das manchas nucleares disjuntas de cada classe de uso do solo. É representada em hectares.

***NUMP: NUMBER OF PATCHES (Número de Manchas)***

O Número total de manchas expressa o número total de manchas por tipo de classe de uso do solo.

***IJI: INTERSPERSION JUXTAPOSITION INDEX (Índice de Contágio)***

O Índice de contágio da mancha aproxima-se de zero quando as manchas são desagregadas e aproxima-se de 100 quando as manchas são adjacentes.

Esse índice exige que a paisagem seja composta por um mínimo de três classes. No nível de classes, o índice de contágio é uma medida de intercalação relativa de cada classe. No nível da paisagem, é uma medida de contágio de cada mancha na paisagem.

Em relação às alterações da paisagem, as seguintes métricas foram avaliadas:

***ED: EDGE DENSITY (Densidade de Borda)***

Densidade de borda, expressa a relação entre a soma dos perímetros de cada classe pela área total da paisagem Expresso em m/ha.

***SDI: SHANNON’S DIVERSITY INDEX (Índice de Diversidade Shannon)***

É a medida da diversidade relativa da mancha. É uma medida relativa da diversidade de manchas. O índice será igual a zero quando houver apenas uma mancha na paisagem e aumentará à medida que os números de tipos de correção ou a distribuição proporcional dos tipos de mancha aumentarem. Esse índice de diversidade de Shannon só está disponível em nível da paisagem.



**MSI: MEAN SHAPE INDEX (Índice Médio de Forma)**

O índice médio de forma expressa o quanto a mancha é próxima de um retângulo (formato do pixel). Essa métrica efetua a soma do perímetro de todas as manchas e divide pelo quadrado da área da classe. Basicamente expressa que quanto mais próximo de 1 for o valor, a forma da mancha é mais parecida com um retângulo.

**TCAI: TOTAL CORE AREA INDEX (Índice da área total do núcleo)**

O índice da área total do núcleo é uma medida da quantidade de área nuclear da paisagem. Esse índice é uma proporção da área nuclear em toda a paisagem. Ele é igual a zero quando nenhuma mancha na paisagem contém núcleo e se aproxima de um quando a proporção relativa da área do núcleo da paisagem aumenta.

**IJI: INTERSPERSION JUXTAPOSITION INDEX (Índice de Contágio)**

O Índice de contágio da mancha aproxima-se de zero quando as manchas são desagregadas e aproxima-se de 100 quando as manchas são adjacentes.

Esse índice exige que a paisagem seja composta por um mínimo de três classes. No nível de classes, o índice de contágio é uma medida de intercalação relativa de cada classe. No nível da paisagem, é uma medida de contágio de cada mancha na paisagem.

**Fragmentação da paisagem – resultados**

Tendo em vista que para o presente estudo é importante a etapa da classificação e apesar das limitações da resolução espacial das imagens utilizadas, foram introduzidas 4 classes de vegetação, 1 para caracterização urbana e 1 de água, cujas transposições proporcionais ao longo do período de estudo não serão aqui apresentadas por seu grau de detalhamento. Mas note-se na Tabela 5 as classes *Urbano* e *Reflorestamento*, que estão contidas na AID, e as métricas TCA e NUMP, com reconhecimento de alteração invertida das respectivas manchas em relação ao número de núcleos.

Tendo em conta os resultados obtidos com o uso da ferramenta “Patch Analyst”, do ArcGis, a análise das métricas de paisagem está dividida em duas tabelas, uma relacionada às classes e outra relacionada à configuração da paisagem (fragmentação). Os resultados das métricas referentes às classes podem ser observados na Tabela 5, abaixo.

**Tabela 5.** Métricas de classes.

(continua)				
Ano	Classe	TCA	IJI	NUMP
	Formação Florestal	155.295	12,90	348
	Formação Campestre	4.032.819	77,28	106
1986	Urbano	125.694	21,40	133
	Agrícola	398.223	16,58	106
	Água	58.680	30,29	6
	Reflorestamento	195.570	24,69	10
1996	Formação Florestal	298.503	27,10	362

Tabela 5. Métricas de classes.

(finalização)				
Ano	Classe	TCA	IJI	NUMP
1996	Formação Campestre	3.791.970	74,10	229
	Urbano	133.200	27,49	267
	Agrícola	314.631	22,76	232
	Água	62.127	25,13	6
	Reflorestamento	164.700	54,83	5
	Formação Florestal	233.676	25,79	406
2006	Formação Campestre	3.612.276	74,38	349
	Urbano	250.857	46,04	515
	Agrícola	371.394	35,37	370
Ano	Classe	TCA	IJI	NUMP
	Água	73.980	34,18	7
	Reflorestamento	101.430	63,72	5
	Formação Florestal	371.412	25,27	701
	Formação Campestre	3.641.868	67,11	208
	Urbano	293.355	37,86	506
2016	Agrícola	193.968	38,97	183
	Água	63.945	34,67	6
	Reflorestamento	96.723	58,18	4

Fonte: Dias (2017).

É possível verificar a fragmentação de classes quando as áreas totais nucleares disjuntas (TCA) diminuem ao longo dos anos e o número de manchas (NUMP) aumenta. Isso ocorre nas classes “Formação Campestre” e “Agrícola”. Infere-se que a fragmentação da classe “Formação Campestre” se deve à alteração dessa classe dentro do PNB para a classe “Formação Florestal” e na área da AID para as classes “Agrícola” e “Urbano”, como pode ser visualizado nos Mapa 3 e 4.

Observam-se duas tendências distintas e dinâmicas entre a estrutura da paisagem interna à Unidade e a externa, pertencente à AID. Mesmo que se possa relativizar resultados mais acentuados para a classe “Agrícola” e “Formação Campestre”, devido a possíveis sobreposições pela não caracterização de ausência de cobertura vegetal temporária, nota-se que essa análise corrobora a anterior de persistência da paisagem. Outro ponto relevante é a transição das características da paisagem entre 2006 e 2016.

Na análise das métricas das classes “Urbano” e “Formação Florestal”, percebe-se que as áreas totais nucleares aumentam e, ao mesmo tempo, o número de manchas também aumenta, indicando o crescimento dessas classes até 2006. Para a classe “Urbano”, entre 2006 e 2016 a área de manchas aumenta, mas reduz o número de núcleos, o que denota uma expansão por agregação e não por fragmentação. A classe “Formação Florestal” teve crescimento acentuado dentro da área do PNB, como é possível verificar nos mapas de persistência.

Em relação à classe “Água”, o número de manchas manteve-se constante e houve uma pequena variação da área total nuclear. Essas mudanças ocorreram devido à alteração do nível do espelho d’água contido no PNB ao longo dos anos.

Já as métricas da paisagem podem ser observadas na Tabela 6, abaixo:

Tabela 6. Métricas de paisagem

Ano	ED	MSI	TCAI	SDI	IJI
1986	2.605	165	8.953	85	51,22
1996	3.479	156	8.592	92	52,88
2006	4.024	148	8.372	97	56,00
2016	4.052	148	8.358	95	50,82

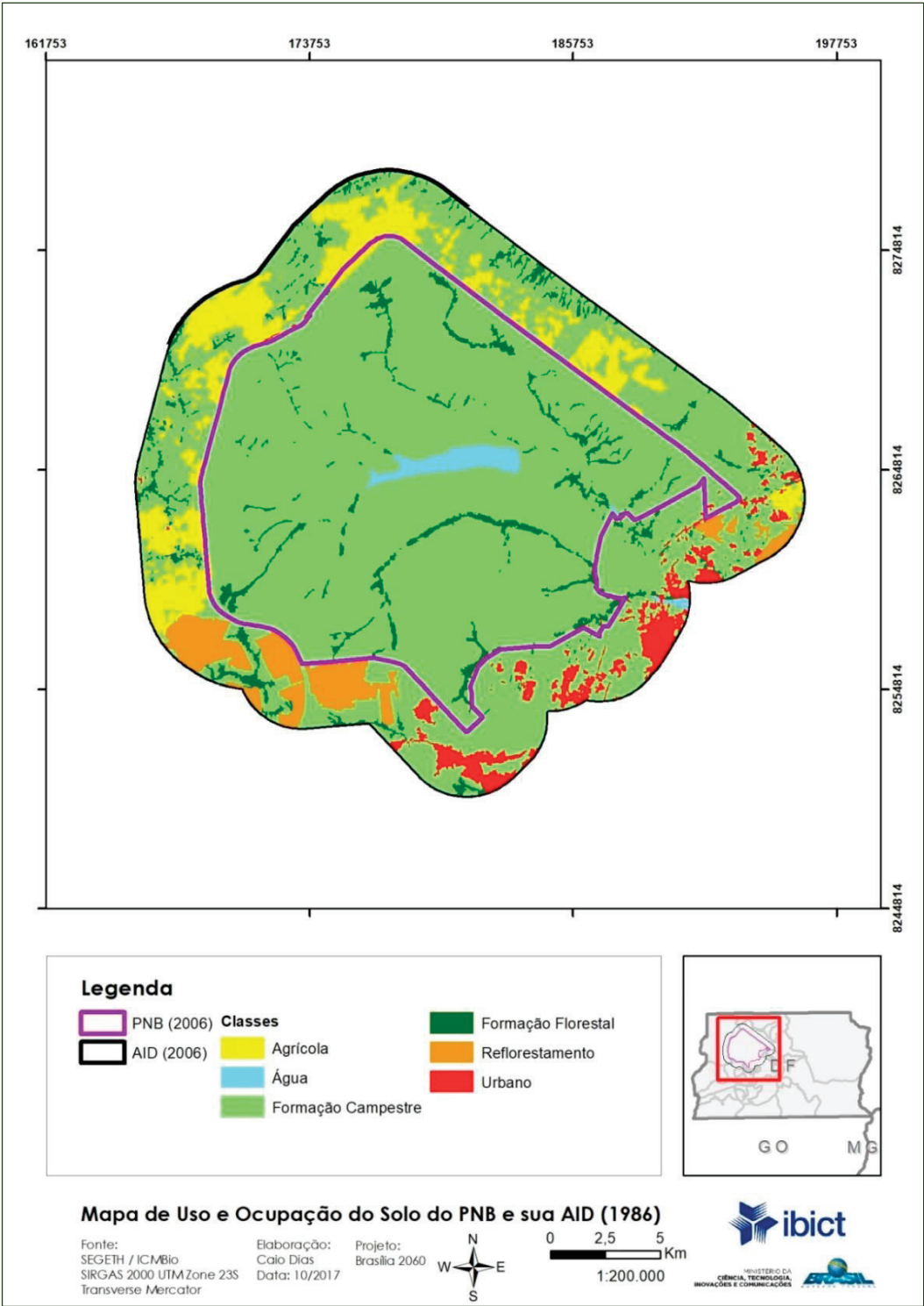
Fonte: Dias (2017).

Nota-se que os anos de 2006 e 2016 apresentam os maiores valores das métricas de índice de diversidade Shannon (SDI) e densidade de borda (ED) e, ainda, os menores valores para o índice de área total do núcleo (TCAI). Altos valores de SDI demonstram alta diversidade dos tipos de mancha e altos valores da densidade de borda representam grandes perímetros das manchas, sendo indicadores de fragmentação da paisagem. Os valores baixos do índice da área total do núcleo representam uma quantidade menor de áreas nucleares nesses anos, corroborando os outros índices analisados e afirmando que os anos entre 2006 e 2016 são os que apresentam a maior fragmentação da paisagem dentre os anos estudados.

Presume-se que os índices mais elevados de fragmentação da paisagem nesses anos se deve à expansão urbana desordenada na parte sudoeste da AID e ao abandono de atividades agrícolas na face norte e nordeste.

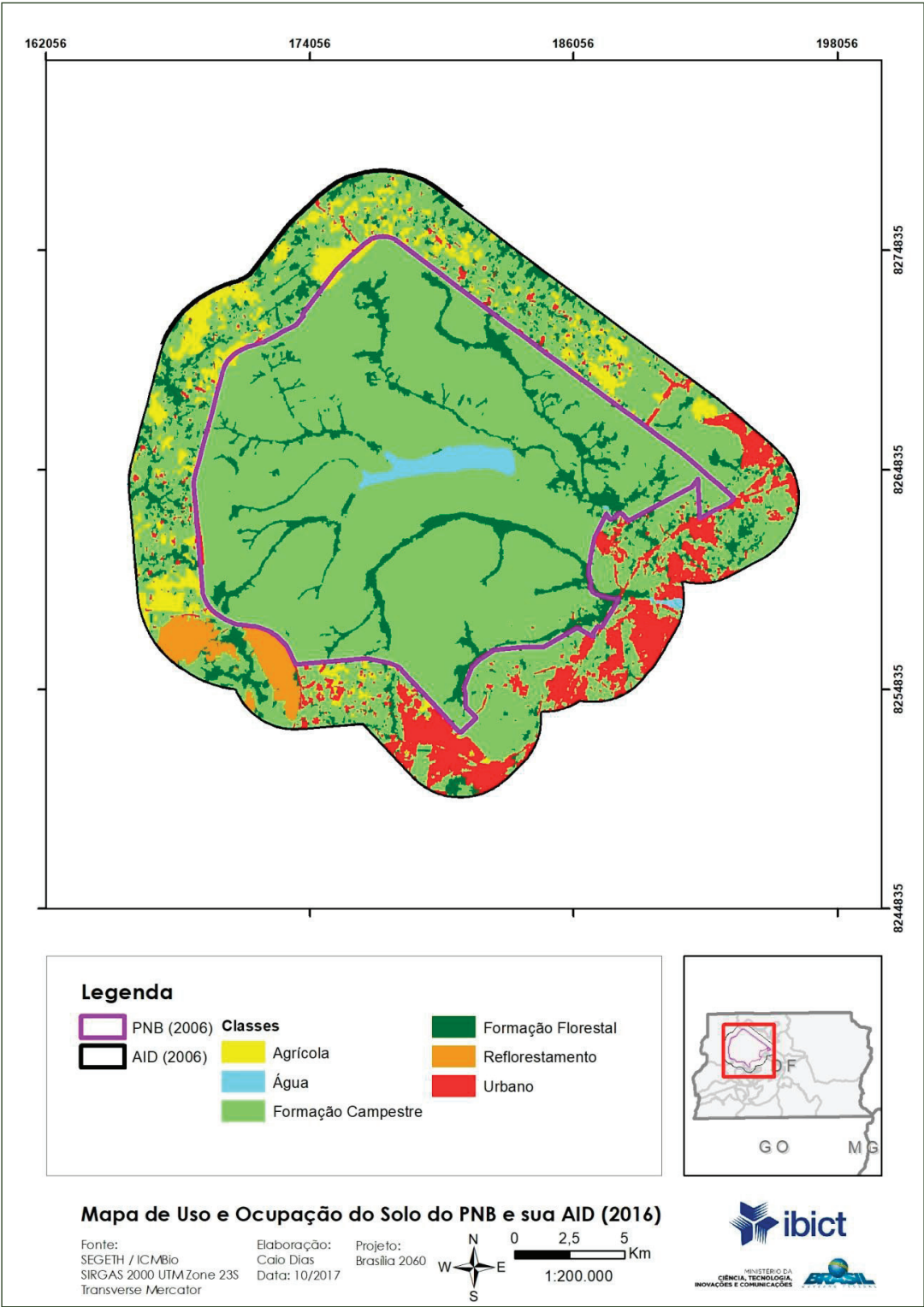
O ano de 1986 apresenta os menores índices de diversidade Shannon e de densidade de borda e, ainda, os maiores índices de área total nuclear demonstrando a menor fragmentação. Nesse ano, a maioria das classes era contínua, apresentando baixa fragmentação, conforme constatado no Mapa 3 de uso e ocupação de 1986, em comparação com o Mapa 4 de 2016.

Mapa 3. Uso e ocupação do solo – PNB e AID (1986)\*



Fonte: Dias (2017).

Mapa 4. Mapa de uso do solo – PNB e AID (2016).



Fonte: Dias (2017).

2.3.3 Suscetibilidade a incêndios florestais e identificação de áreas de risco

Zoneamento de suscetibilidade a incêndios florestais

Essa atividade teve como objetivo propor um zoneamento de suscetibilidade a ocorrência de incêndios florestais na área do PNB e sua AID por intermédio da metodologia de análise multicritério. Para atingir esse objetivo, empregaram-se variáveis físicas associadas aos fatores diretamente ligados à ocorrência e à propagação de incêndios florestais.

Esse tipo de análise se baseia na seleção das principais variáveis que caracterizam um fenômeno, permitindo o cruzamento de dados espacializados com a hierarquização dos fatores e das classes de acordo com o objetivo pretendido.

Os dados georreferenciados utilizados para geração do mapa de suscetibilidade a incêndios florestais estão dispostos no Quadro 1.

Quadro 1. Dados georreferenciados utilizados para a confecção do mapa de suscetibilidade a incêndios florestais.

Dados	Fonte
Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2016)	Realizado a partir de Imagem Landsat 8, ponto 221, órbita 71
Mapa de Vias e Rodovias	SEGETH (2017)
Curvas de nível	SEGETH (2017)

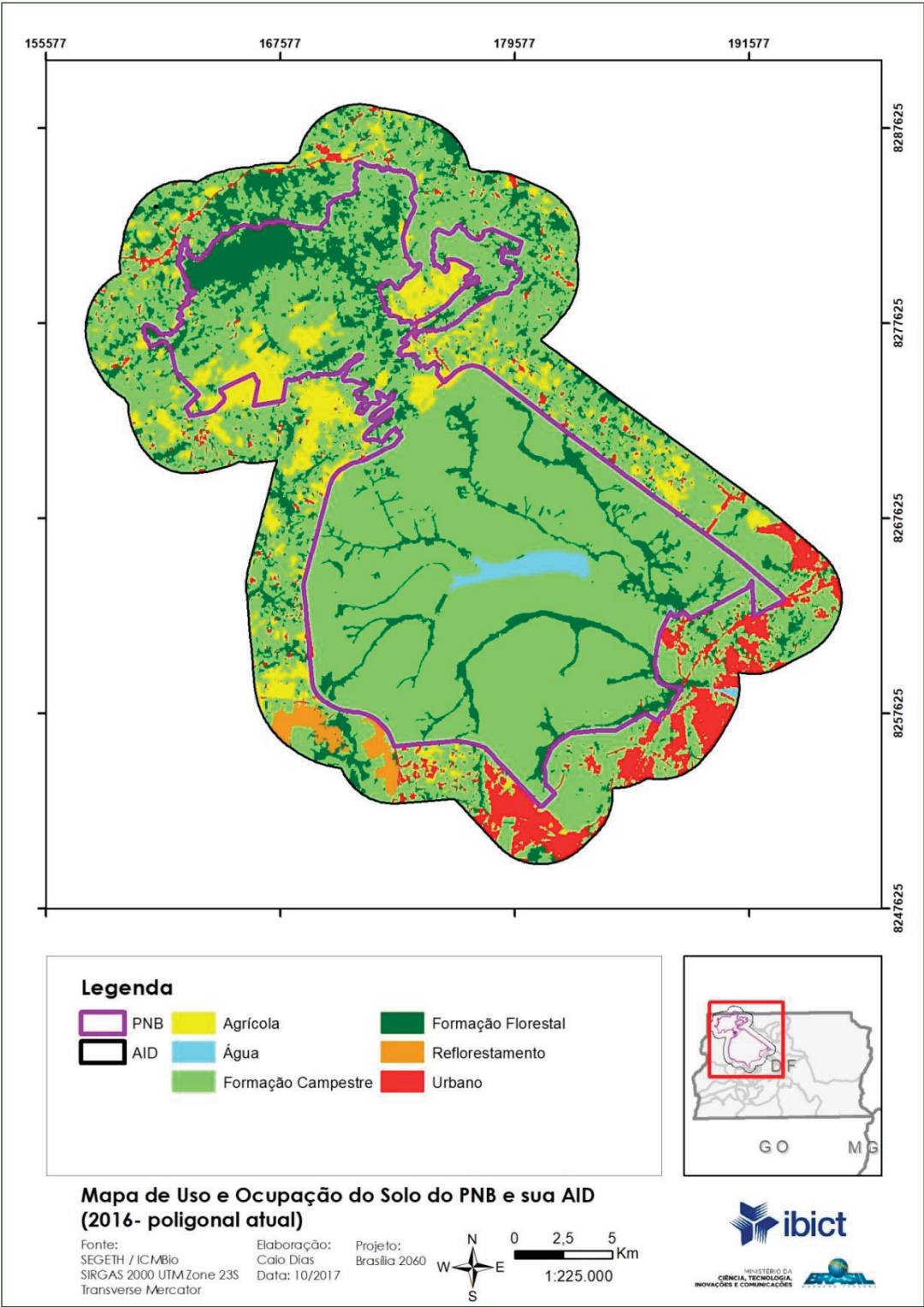
Fonte: Dias (2017).

Dispondo dos dados brutos, técnicas de geoprocessamento foram utilizadas para gerar as variáveis utilizadas nessa análise da área integral do PNB: uso do solo (Mapa 5) (classificação da imagem LANDSAT 8 no software ENVI 5.3); distância entre as estradas (ferramenta “Euclidean Distance” no software ArcGIS); declividade (Mapa 6) e aspecto (Mapa não incluso) (Ferramenta “Slope” e “Aspect” em ambiente ArcGIS).

As classes internas de cada fator foram padronizadas para uma escala comum de 0 a 10 pontos, sendo 0 (zero) para risco nulo e 10 (dez) para risco extremo. Já as influências foram padronizadas de 0 a 100, de acordo com o peso de cada fator para a composição final do mapa, conforme Quadro 3, Marcos Metodológicos.

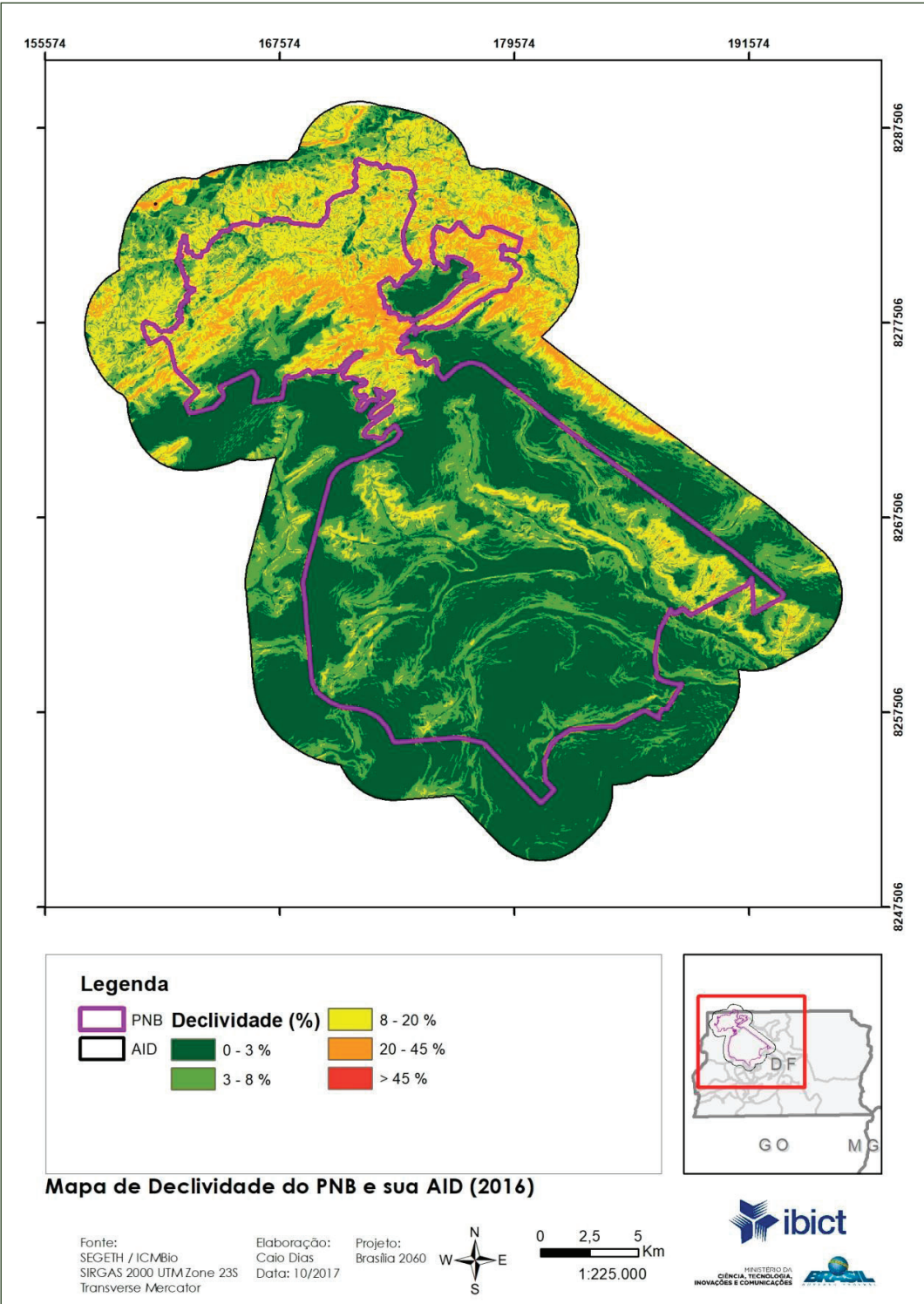


Mapa 5. Uso e ocupação do solo – PNB (integral) e AID - 2016.



Fonte: Dias (2017).

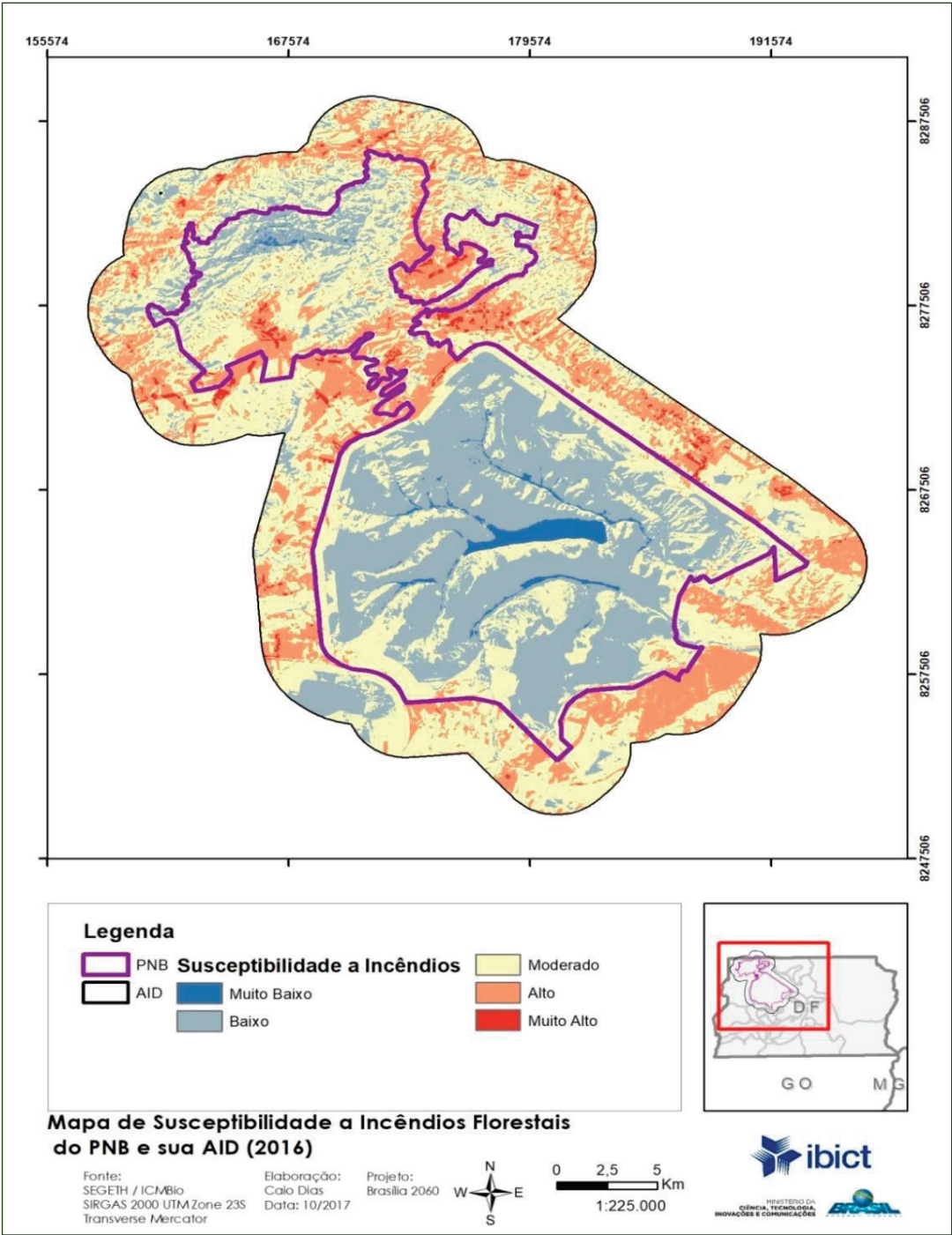
Mapa 6. Declividade – PNB e AID.



Fonte: Dias (2017).

No mapeamento de suscetibilidade a incêndios florestais, identifica-se que as áreas mais suscetíveis estão situadas nas áreas limítrofes à poligonal do PNB, conforme pode ser observado no Mapa 7, com destaque para a situação norte de maior declividade e zonas de contato com áreas de maior fragmentação da paisagem.

Mapa 7. Suscetibilidade a Incêndios Florestais – PNB e AID.



Fonte: Dias (2017).

**Identificação de áreas de risco a incêndios florestais**

O problema da recorrência de incêndios florestais no PNB está representado no Mapa 8. As áreas com maior registro de focos de calor e de cicatrizes de queimadas estão diretamente correlacionadas com o Mapa 7 de suscetibilidade a incêndios florestais, validando assim essas metodologias. Esse

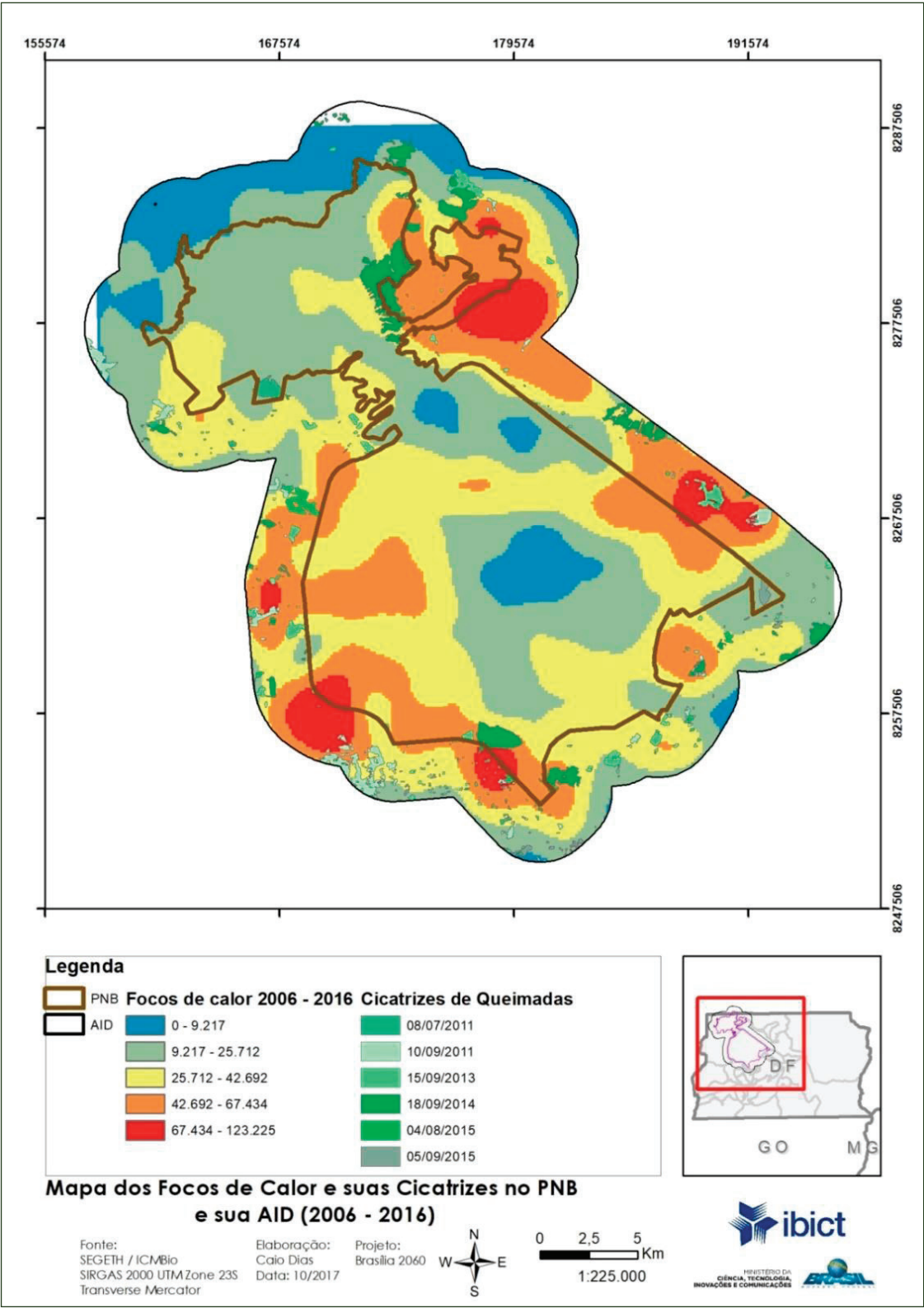
mapeamento da recorrência dos IFs é relevante porque pode induzir políticas de prevenção. Note-se que as zonas mais afetadas são as áreas de contato entre urbano e PNB e entre áreas de Reflorestamento e PNB, mas as maiores cicatrizes, como pode ser visualizado no Mapa 8, são externas, na face Leste e sudoeste da AID, com dominância de paisagem ainda agrícola e de reflorestamento, respectivamente, cujos traços de configuração foram já descritos nas análises de persistência e de fragmentação.

#### **2.3.4 - Suscetibilidade à erosão – PNB e AID**

A análise de suscetibilidade à erosão obedeceu à metodologia já descrita anteriormente, em 5 categorias de classificação de muito baixa a muito alta. O resultado da análise está apresentado no Mapa 9, em que se identificam as áreas mais suscetíveis à erosão na parte norte do PNB, que coincide com uma das áreas de maior vulnerabilidade a riscos de Incêndios Florestais (IF). A face leste do PNB também apresenta um quadro de suscetibilidade de moderada a alta, que deve exigir atenção coordenada com a política de prevenção a IF. Note-se, no entanto, que a área interna do PNB é extensivamente classificada como de muito baixa a moderada suscetibilidade.

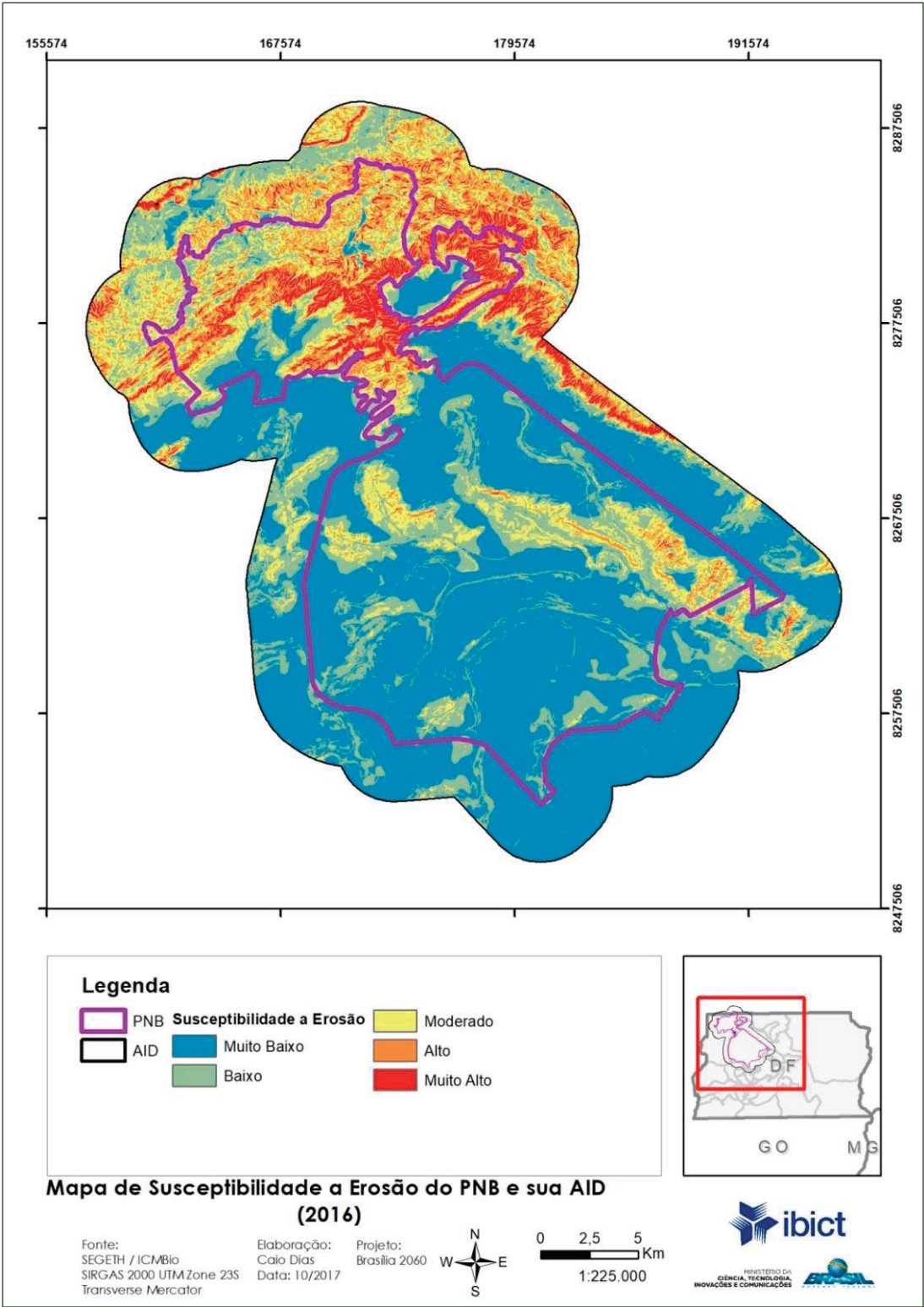


Mapa 8. Focos de Calor e cicatrizes – PNB e AID.



Fonte: Dias (2017).

Mapa 9. Suscetibilidade à Erosão – PNB e AID.



Fonte: Dias (2017).



## 2.4. Mosaico da estação ecológica do Jardim Botânico de Brasília

Bruno Nakagomi

O Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília, que abriga pesquisas ecológicas de longa duração (PELD), é constituído por 3 áreas protegidas. A *Fazenda Água Limpa* (FAL), área experimental e de ensino da Universidade de Brasília, composta por aproximadamente 1.200 hectares destinados a experimentos e produção agroflorestal, 2.340 hectares de preservação e o restante da área, uns 950 ha, estão em bom estado de conservação (UnB, PELD, s.d.). A *Reserva Ecológica do IBGE* (RECOR) é uma unidade de conservação permanente do IBGE, criada em 1975, e possui 1.360 hectares. Sua área apresenta as principais fitofisionomias do Cerrado, além de nascentes de importantes cursos d'água formadores da Bacia do Paranoá, fauna silvestre e coleções científicas e acervo de documentação acumulada em 34 anos de pesquisas ecológicas (UnB, PELD, s.d.). A *Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília* – EEJBB, criada pelo Decreto nº 14.422 de 26 de novembro de 1992, cuja gestão é do Jardim Botânico de Brasília – JBB, criado em 08 de março de 1985, é constituída por mais de 4500 ha do total da área de 5.000 hectares gerida pelo JBB, que atua em pesquisa, conservação e manutenção de germoplasma do Cerrado *in situ* e *ex situ* (UnB, PELD, s.d.).

### 2.4.1 Análise de mudanças do uso do solo e persistência da paisagem

Os resultados relevantes da análise do Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília e sua AID referem-se ao grau e tipo de transformação existente no período estudado. A comparação com o quadro das demais Unidades também traz elementos para a proposição de atenção aos processos de ocupação territorial.

A análise espaço-temporal do Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília e sua AID foi executada após a das demais unidades de conservação, conforme a metodologia já apresentada. Mas foi considerado elaborar a classificação do uso do solo com um número de categorias condensado para a cobertura vegetal. Essa simplificação visou facilitar as atividades de investigação diante do prazo disponível, não só para o Mosaico, mas também para as demais abordagens do projeto que envolve outro Município da AMB.

A classificação do uso do solo para o Mosaico, composto pela EEJBB, pela Reserva Ecológica do IBGE (Recor) e pela Fazenda Água Limpa da UnB (FAL/UnB), foi feita a partir de imagens *LandSat* 5, para os anos de 1986, 1996 e 2006, sendo usada *LandSat* 8 para 2016.

A metodologia empregada consiste em utilizar o *software* ENVI 4.7 e sua ferramenta de classificação supervisionada orientada a objetos, a qual leva em consideração várias características da imagem, como heterogeneidade espacial (forma), que também é subdividido em compacidade e suavidade, assim como espectral (cor) e diferença dos objetos de entorno, utilizando em síntese o método de crescimento de regiões para agregar pixels vizinhos. A correção das classificações foi realizada utilizando o *software* QGIS 3.2.

As imagens foram classificadas em cinco classes (Quadro 1), considerando a condensação da cobertura vegetal natural.

Quadro 1. Classes de uso do Solo.

Classe	Uso
Água	Corpos d'água, naturais e artificiais.
Área Urbana	Áreas consideradas urbanas, consolidadas e em processo de urbanização.
Área Agrícola	Áreas consideradas agrícolas.
Reflorestamento	Áreas de reflorestamento.
Vegetação Natural	Fitofisionomias do Cerrado e áreas verdes.

Fonte: Nakagomi (2018).

A partir da classificação do uso do solo para os anos selecionados, foi possível quantificar cada uso e assim notar a evolução deles ao longo do período de 30 anos. A Tabela 1 enumera os valores de área para cada classe e a Tabela 2 as variações percentuais. A classificação foi balizada juntamente ao procedimento feito pela CODEPLAN, encontrada no *site* Brasília em Mapas, onde é possível acessar a classificação do solo para o Distrito Federal desde 1964 até 2017. Essa classificação foi feita baseada em imagens *LandSat*, assim como o procedimento para esta pesquisa.

Tabela 1. Área por classe de uso do Mosaico da EEJBB e sua AID por período.

Classe	Área (Hectare) / Ano			
	1986	1996	2006	2016
Água	422	416	413	412
Área Urbana	5.870	6.165	6.263	6.757
Área Agrícola	2.403	2.626	2.615	2.616
Reflorestamento	1.022	376	112	62
Vegetação Natural	18.984	19.120	19.295	18.851

Fonte: Nakagomi (2018).

Foram elaborados mapas de uso do solo para os anos de 1986, 1996, 2006 e 2016. Nesta versão condensada constam os Mapas 1 e 2 de ocupação e uso do solo de 1986 e 2016, que permitem visualizar as áreas em alteração. Note-se que, ao contrário das outras Unidades do estudo, no Mosaico, a Estação Ecológica do JBB é criada após a consolidação urbana do Lago Sul, na envolvência norte da AID. As alterações ocorrem na face nordeste e sudeste, às margens da rodovia DF001, e a sudoeste.

Persistência da paisagem

As alterações da paisagem, nos remetem por exclusão à persistência, conforme Tabela 2, que mostra a variação das áreas para cada classe de uso de acordo com os intervalos decenais. Note a variação negativa acentuada do reflorestamento e o aumento das demais variantes da antropização da paisagem. Observe na Tabela 3 e no Mapa 3 a análise da relação temporal da persistência entre 1986 e 2016.

Tabela 2. Variação do uso de acordo com os intervalos selecionados do Mosaico da EEJBB e sua AID.

Classe	Variação em % 1986 – 1996	Variação em % 1996 – 2006	Variação em % 2006 – 2016	Variação em % 1986 – 2016
Água	- 2 %	- 1 %	- 1 %	- 3 %
Área Urbana	5 %	1 %	8 %	15 %
Área Agrícola	9 %	- 1 %	1 %	9 %
Reflorestamento	- 64 %	- 70 %	- 45 %	- 94 %
Vegetação Natural	1 %	1 %	- 4 %	- 1 %

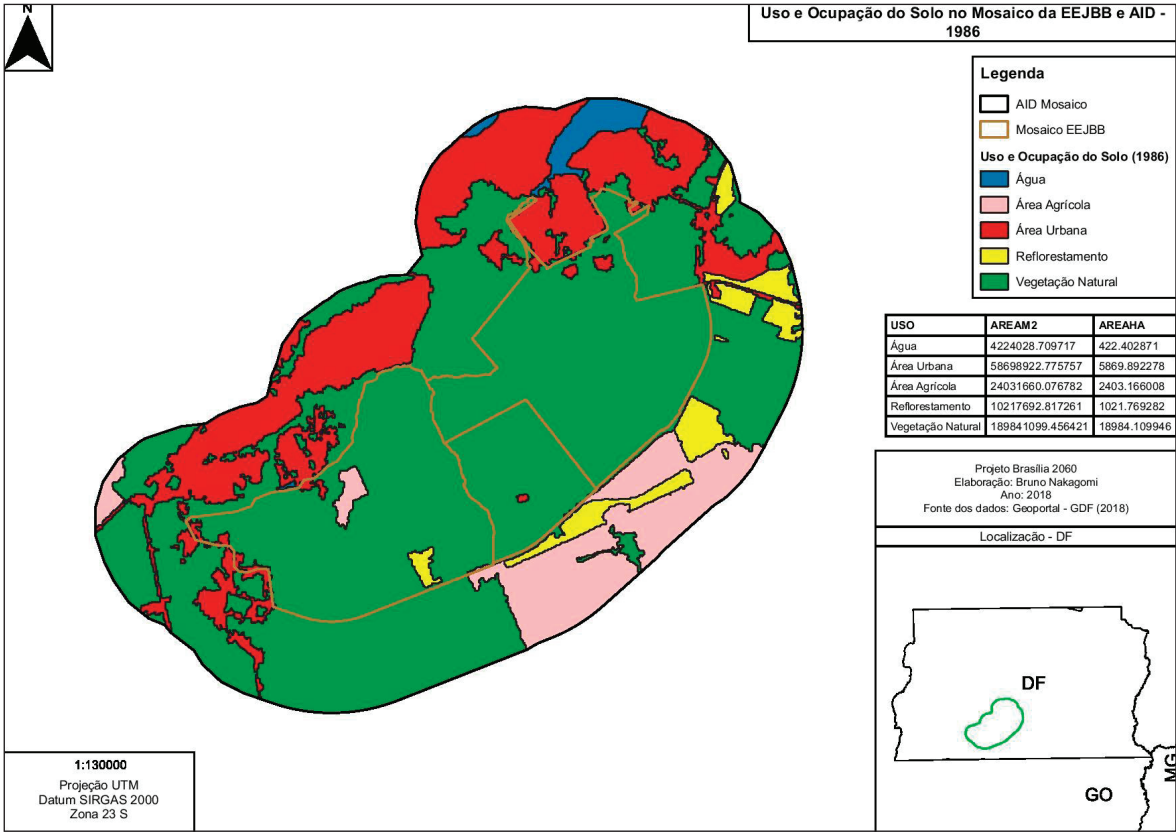
Fonte: Nakagomi (2018).

Tabela 3. Persistência da paisagem – área alterada e inalterada (%).

Período	Área Alterada (%)	Área Inalterada (%)
1986 – 1996	10%	90%
1996 – 2006	7%	93%
2006 – 2016	5%	95%
1986 – 2016	12%	88%

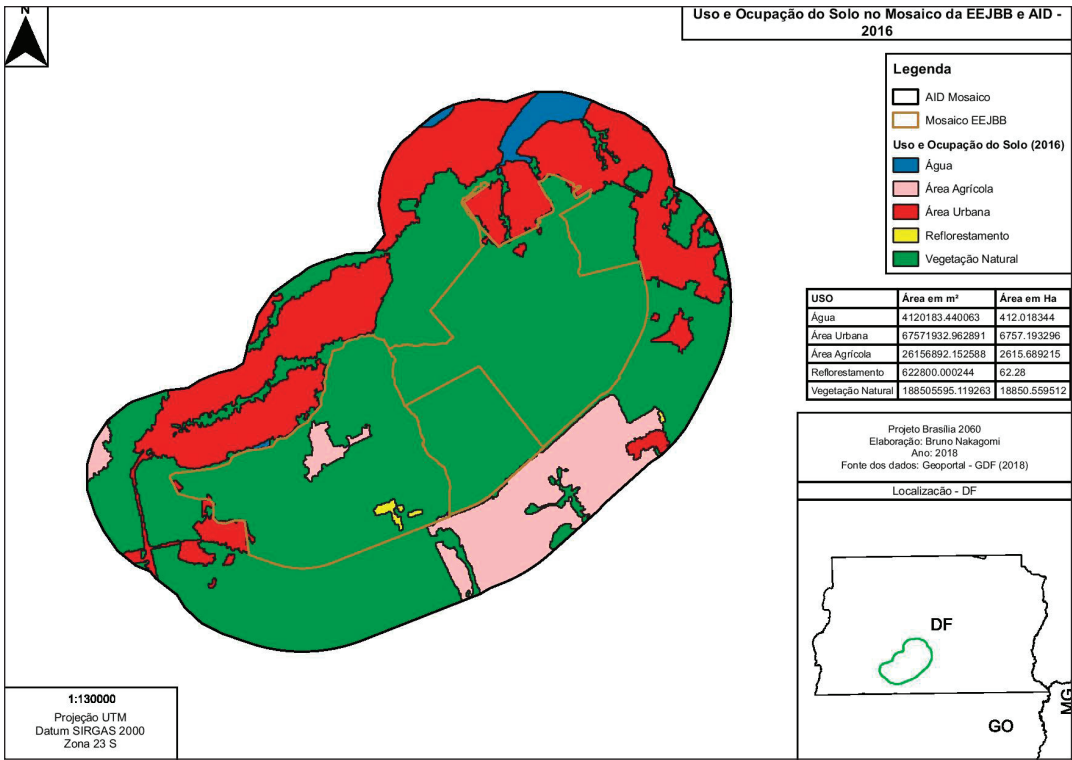
Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 1. Uso e Ocupação do Solo do Mosaico da EEJBB e AID – 1986.



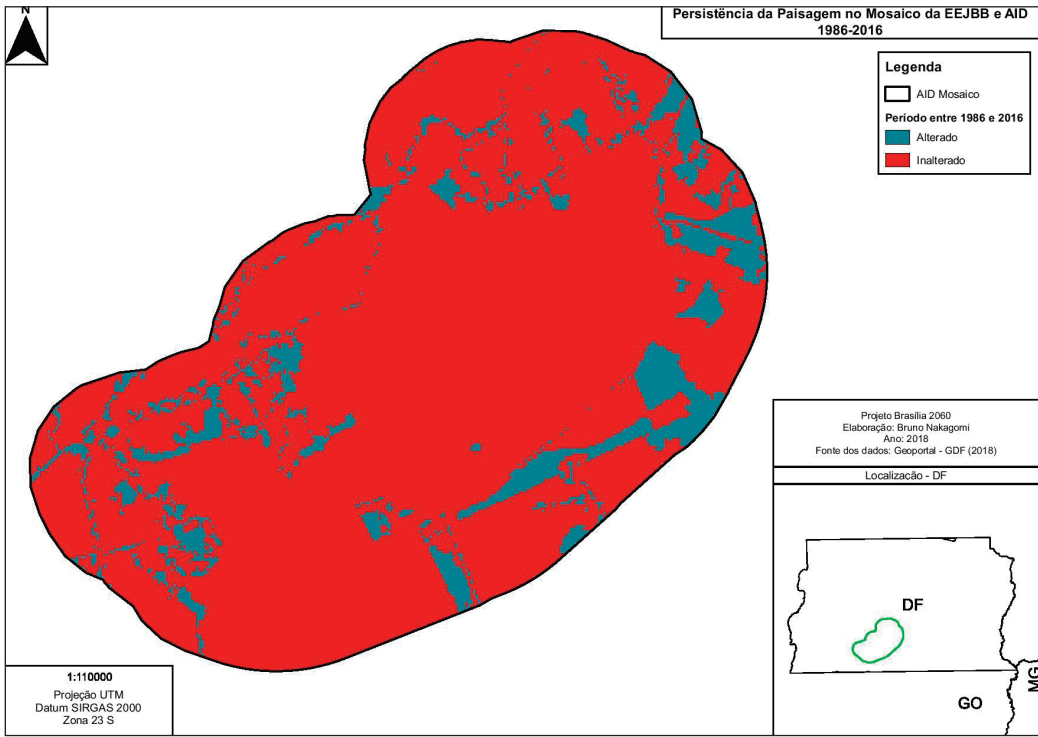
Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 2. Uso e Ocupação do Solo do Mosaico EEJBB e AID – 2016.



Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 3. Persistência da paisagem do Mosaico da EEJBB e AID – 1986 – 2016.



Fonte: Nakagomi (2018).

2.4.2 Crescimento urbano – AID do mosaico da EEJBB

A partir da classificação do uso do solo para a AID do Mosaico da EEJBB dos diferentes períodos, é possível fazer um comparativo quantitativo do crescimento urbano. Esse crescimento foi medido utilizando as equações do Quadro 1, do item 2, onde  $A_i$  é a área urbana no período anterior e  $A_j$  a área urbana acrescida no período seguinte a  $A_i$ .

A quantificação da expansão urbana exercida na Área de Influência Direta (AID) da Estação Ecológica do Jardim Botânico segue a metodologia descrita nos Marcos Metodológicos. A Tabela 4 traz os valores para as métricas do crescimento da área urbana dentro da AID. A partir desses valores, o crescimento urbano dentro da AID poderá ser relacionado à tendência de insulamento das demais UCs. Dois movimentos estão inscritos nessa paisagem após essa data: um de conservação integral, com a criação da EEJBB em 1992, e outro de intensa ocupação irregular na face nordeste após os anos 90, à margem da rodovia DF 001 (TAVARES , NAKAGOMI, 2017).

A Tabela 4 demonstra que o período entre 2006 e 2016 é o que apresenta o maior incremento, após o da consolidação urbana do Lago Sul de 1986. A partir desses valores, o crescimento urbano de 15% dentro da AID é considerado baixo em relação às outras regiões estudadas do DF, mas deve-se notar que a expansão urbana ocorre sobre a face remanescente de Cerrado ou de zona reflorestada na interface das áreas protegidas do Mosaico, que eram relevantes para a garantia de preservação de corredores ecológicos já identificados (SEGETH-PDOT, 2012; DF, Plano de Manejo da EEJBB, 2010).

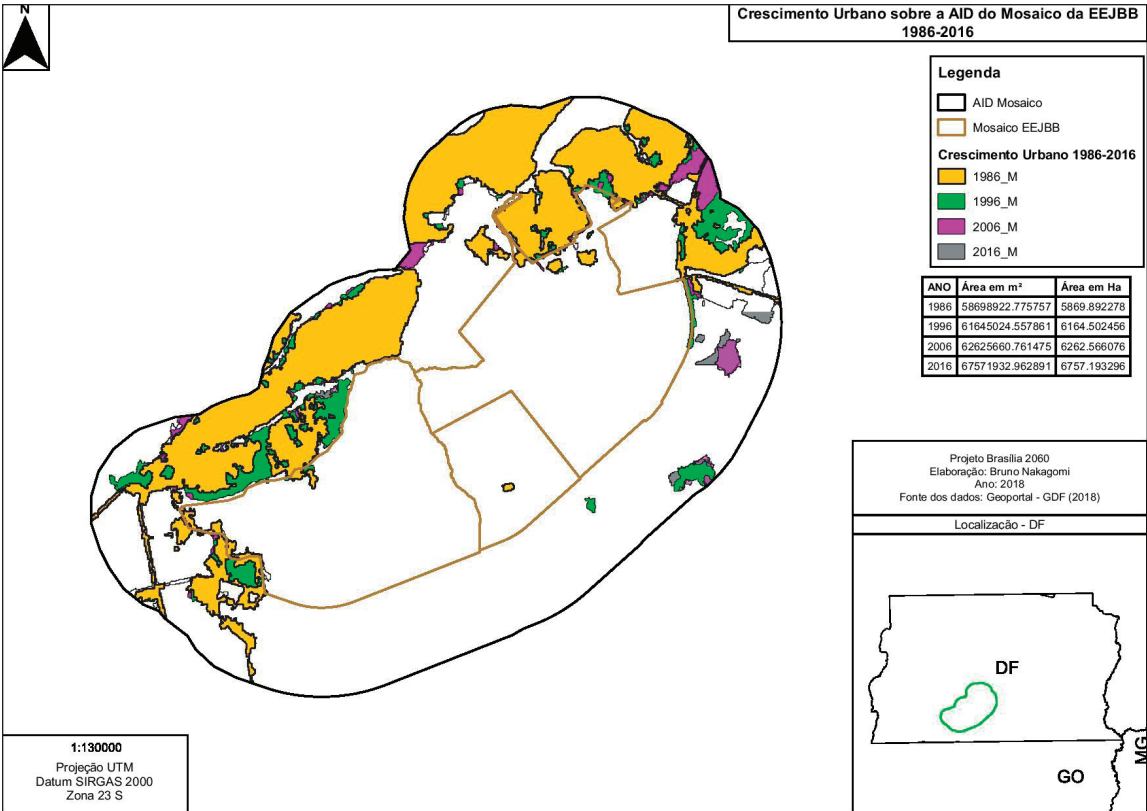
Tabela 4. Métricas de crescimento urbano para a AID do Mosaico da EEJBB.

Ano	Área (Hectare)	Área Urbana Acumulada (AUA)	Taxa de Incremento Periódica (TIP)	Taxa de Incremento Periódica Acumulada (TIPAc)	Taxa de Incremento Médio Anual (TIMA)
1986	5.870	5.870	-	-	-
1996	295	6.165	1,05025554	0,05025554	0,10502555
2006	98	6.263	1,01589619	0,01669506	0,10158962
2016	494	6.757	1,07887594	0,08415673	0,10788759

Fonte: Nakagomi (2018).

A caracterização da expansão urbana, conforme Mapa 4, ocorre por criação de novos núcleos e por agregação aos limites de áreas já existentes, com prevalência para o decênio de 2016. O acréscimo sobre a área urbana de 1986 prevalece sobre o entorno de zonas já ocupadas. Contudo, análise mais detalhada é necessária para caracterizar as distinções morfológicas da ocupação.

Mapa 4. Crescimento urbano na AID do Mosaico da EEJBB (1986 – 2016).



Fonte: Nakagomi (2018).

### 2.4.3 Suscetibilidade a incêndios florestais e identificação de áreas de risco

O mapeamento de suscetibilidade a incêndios florestais permite a identificação de regiões de maior propensão de ocorrência de incêndios, sendo uma ferramenta muito eficiente, auxiliando em planos de prevenção e combate. Para realizar o mapeamento foram empregadas variáveis físicas associadas aos fatores diretamente ligados à ocorrência e à propagação de incêndios florestais.

A metodologia utilizada foi a mesma empregada para a identificação de áreas suscetíveis à erosão, a análise multicritérios aditivos de dados georreferenciados. Os dados utilizados foram: uso do solo feito pela equipe baseado em imagens LandSat 8 de 2016; mapa de vias e rodovias da SEGETH de 2017; curvas de nível do DF de 2017, também ofertados pela SEGETH; e aspecto das encostas, dado retirado do processamento das curvas de nível. As classes internas de cada fator foram padronizadas para uma escala comum de 0 a 10 pontos, sendo 0 para risco nulo e 10 para risco extremo. Já as influências foram padronizadas de 0 a 100, variando de acordo com o peso de cada fator para compor o mapeamento final.

O uso do solo é importante para determinar o risco de ocorrência de incêndios devido aos tipos de vegetação que possuem maior ou menor propensão ao fogo de acordo com suas diferentes fitofisiologias.



Os dados sobre vias e rodovias foram considerados na análise, pois as áreas ao redor das vias foram consideradas mais suscetíveis ao fogo devido à grande circulação de veículos nas estradas dentro da AID. A ferramenta utilizada para mapear essas áreas foi a de distância euclidiana, não considerando as diferenças entre as rodovias, como federais e municipais.

A declividade, conforme Mapa 5, foi considerada em função das características de comportamento do fogo sobre as ondulações do terreno. Quanto maior o acento, mais rápido o fogo se alastra e sua velocidade de propagação aumenta. A classificação da declividade segue o estipulado pela EMBRAPA (1979) e as áreas de maior declividade receberam maior pontuação no peso.

A partir da declividade, foi produzido o dado de aspecto que é determinado pela orientação da encosta (azimute) em que o terreno está localizado, podendo variar de 0 a 360 graus, sendo que 0° indica a direção norte. Indiretamente, a orientação das encostas indica o conteúdo de umidade do material combustível devido à iluminação do sol, que influencia, consequentemente, na taxa de propagação dos incêndios florestais (PRUDENTE, 2010). Sendo assim, no Hemisfério Sul, os raios solares incidem de forma mais direta sobre as encostas voltadas para o norte, garantindo a elas maior suscetibilidade ao fogo.

O Mapa 6 de suscetibilidade a incêndios florestais mostra que as regiões mais propensas a incêndios estão relacionadas às rodovias, sendo as de menor propensão as áreas mais afastadas dessas vias.

### ***Identificação de áreas de risco a incêndios florestais***

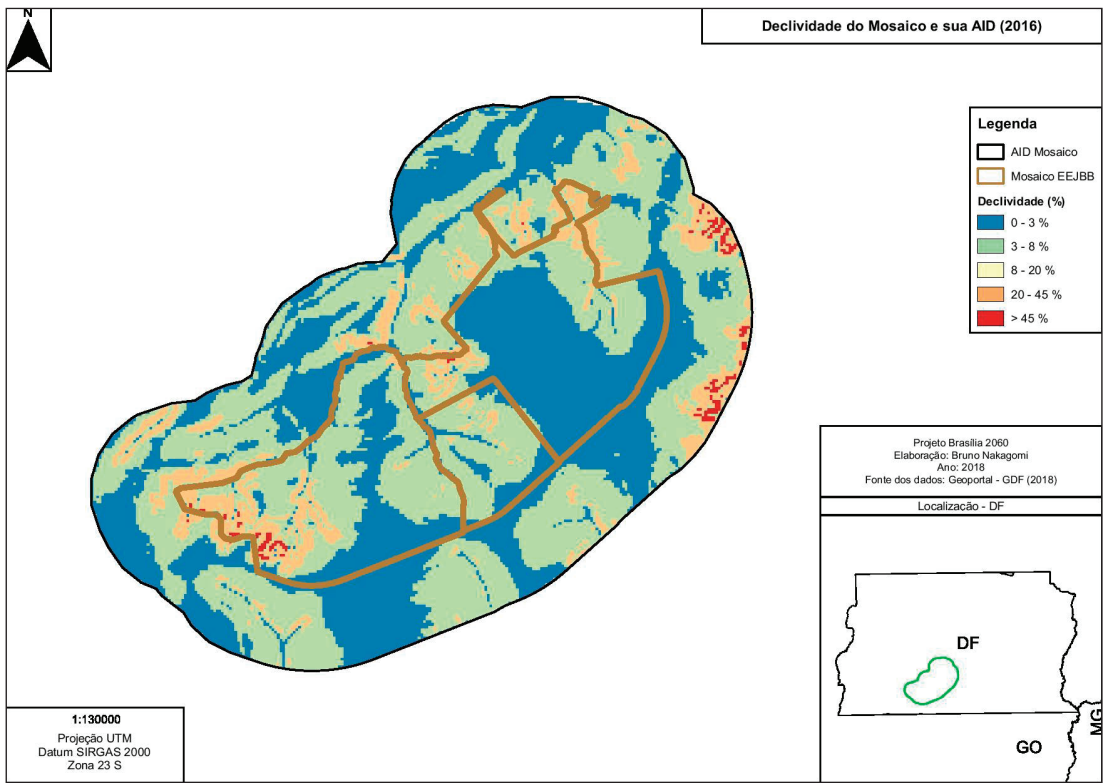
O estudo das cicatrizes de queimadas sobre a área de estudo permite identificar as regiões de maior risco de queima devido à concentração de focos sobre aquela região específica. O método utilizado para identificar esses territórios de risco foi o cruzamento dos focos de calor e as cicatrizes de queimada, conforme Mapa 07.

Os dados utilizados são originados do programa de identificação de queimadas (Programa Queimadas) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), que utiliza sensores de satélites para identificar focos de calor sobre o território nacional. Devido à disponibilidade ainda limitada, foram utilizados os dados de cicatrizes do período de 2011 a 2016 para a área de estudo. Para corroborar esses dados, foi utilizado o mesmo período para aquisição dos dados de focos de calor da mesma plataforma.

A partir dos focos, foi feito um mapa de Kernel, que consiste em um método estatístico de estimação de curvas de densidades, demarcando a intensidade pontual de determinado fenômeno. Esse mapa agrupa os focos e indica por meio de cores a maior ou menor concentração de focos sobre a região de estudo. Após a execução do mapa de Kernel, foram sobrepostos os polígonos das cicatrizes de queimada para comparação e produzido o mapa de cicatrizes.

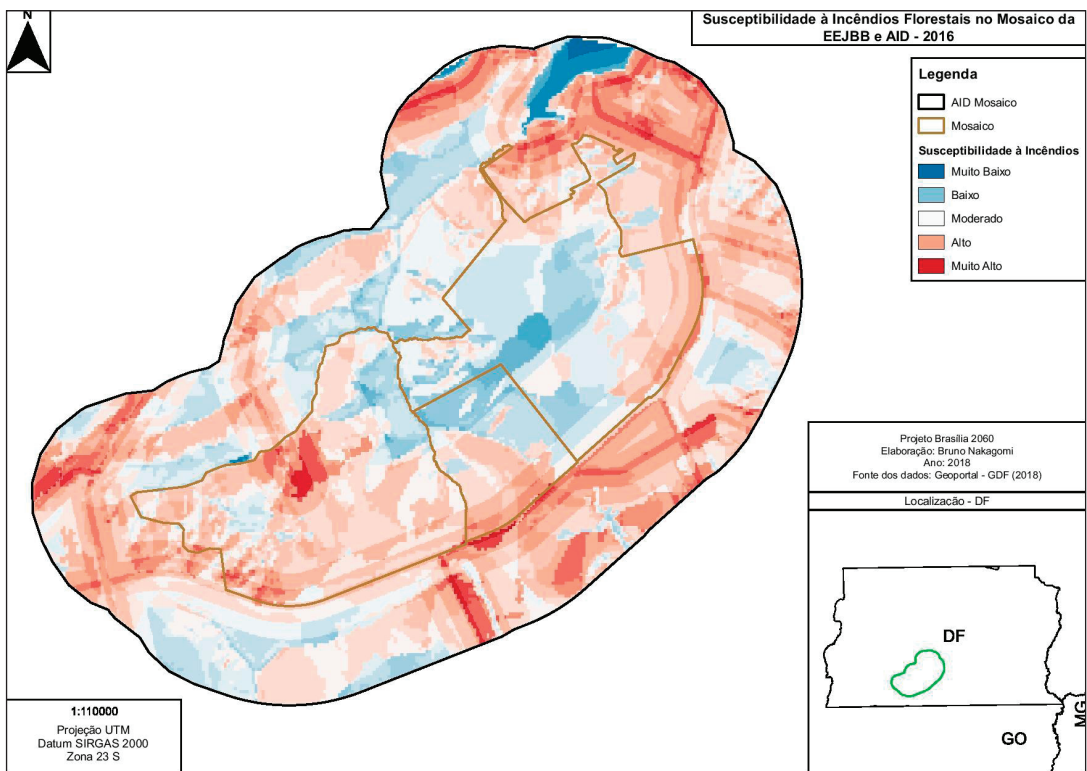
O Mapa 7 gerado para as cicatrizes ilustra os dados combinados de focos e cicatrizes de queimadas para o período selecionado de 2011 a 2016, mostrando uma correlação forte entre as áreas de maior densidade de focos e os polígonos de cicatrizes de queimada, observando-se, em associação ao Mapa 5 da declividade, que a configuração do arco de recorrências pode servir para identificar as áreas de maior risco de incêndios florestais. Essa abordagem corrobora em grande medida a análise de suscetibilidade expressa no Mapa 6, que incorpora outras variáveis para caracterizar as condições de ocupação.

Mapa 5. Declividade do Mosaico da EEJBB e AID.



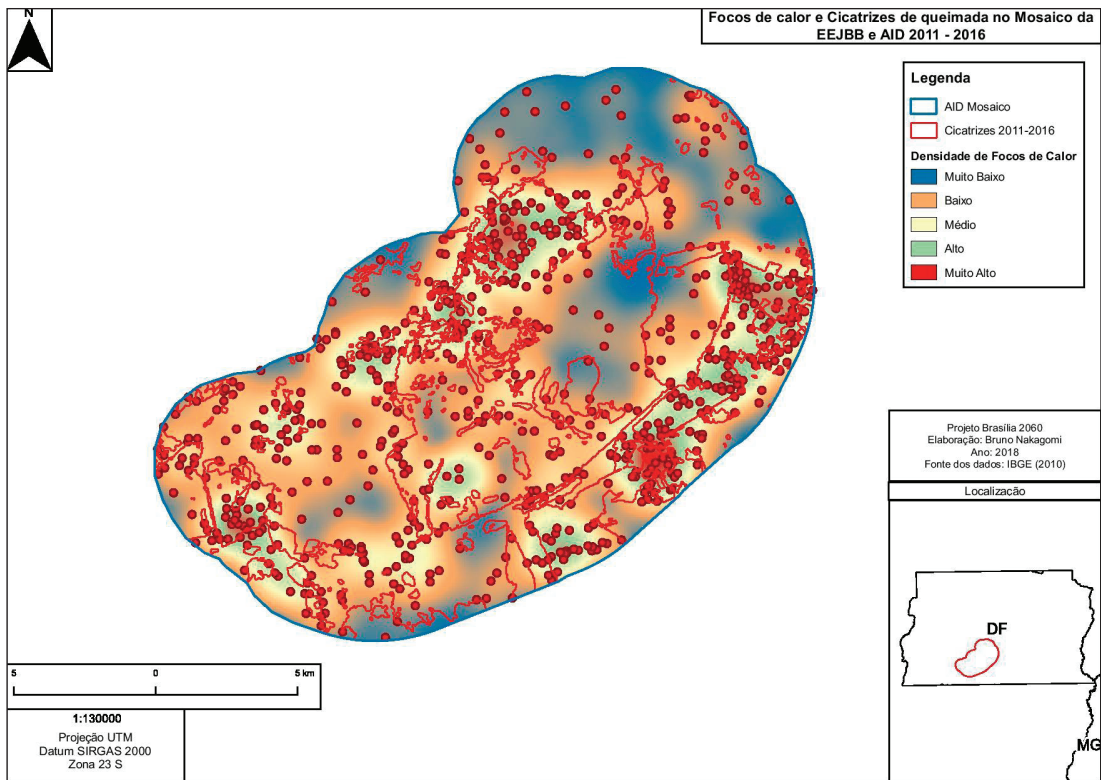
Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 6. Suscetibilidade a Incêndios Florestais no Mosaico da EEJBB e AID.



Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 7. Focos de calor e Cicatrizes no Mosaico da EEJBB e AID: 2011 – 2016.



Fonte: Nakagomi (2018).

#### 2.4.4 Suscetibilidade à erosão

A análise de suscetibilidade à erosão obedeceu à metodologia já descrita nos Marcos Metodológicos e visa a identificação preventiva de zonas de risco na área do Mosaico composto pela EEJBB, a Reserva Ecológica do IBGE (Recor) e a Fazenda Água Limpa da UnB (FAL/UnB), tendo em conta que essa suscetibilidade será mais acentuada se associada à recorrência de incêndios florestais na área de estudo.

A informação mapeada de zonas suscetíveis à erosão é importante para subsidiar o processo decisório dos gestores públicos para criação de políticas integradas que utilizem de forma mais eficiente os recursos públicos para atender as áreas afetadas. O mapeamento das áreas suscetíveis foi processado utilizando a técnica de análise multicritérios aditivos de dados georreferenciados, cujo resultado é apresentado no Mapa 8.

A técnica citada consiste, para cada camada de informação utilizada, na atribuição de valores de influência de 0 a 100 e pesos em uma escala de 1 a 10 para cada classe, de acordo com as características físicas, antrópicas e a relevância de cada classe e de cada feição para a ocorrência de processos erosivos na área de estudo.

Os dados espacializados utilizados no procedimento foram: uso do solo, realizado em etapa anterior da pesquisa, utilizando imagens LandSat 8 de 2016; mapa pedológico do DF produzido pelo IBRAM de 2017 e dados de declividade do DF produzidos pela SEGETH datados de 2009.

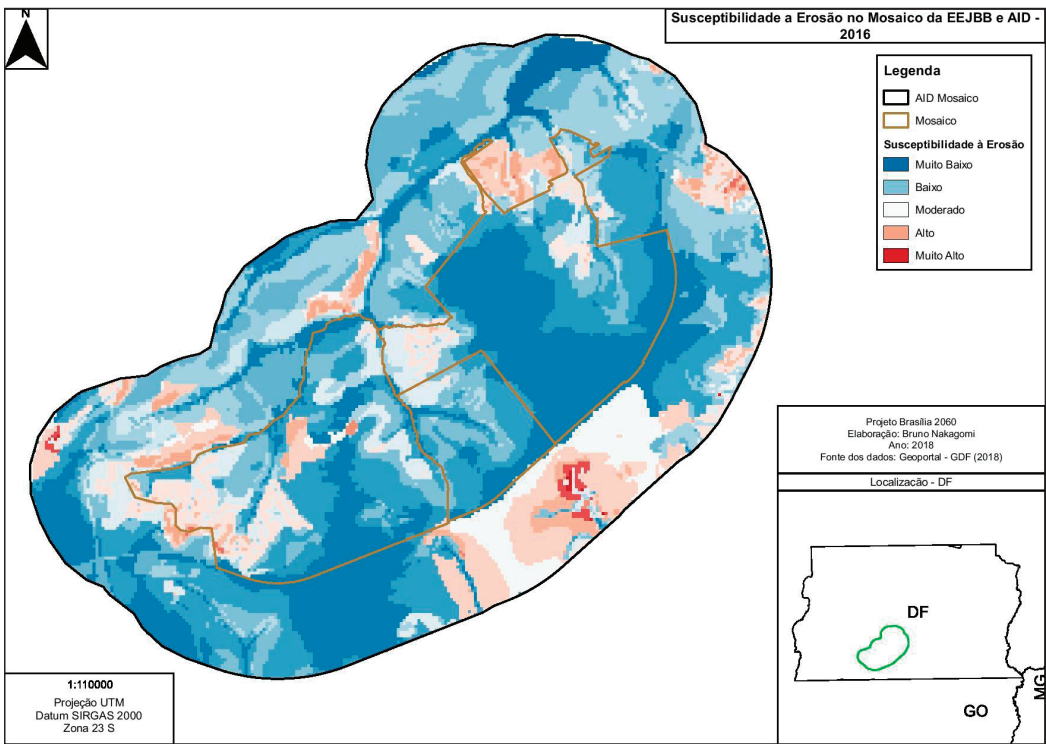
O Quadro 5, nos Marcos Metodológicos, demonstra os valores de influência de cada plano de informação e o peso de suas classes.

A utilização dos dados pedológicos é de grande importância para estudos sobre erosão, pois as características pedológicas estão diretamente relacionadas à capacidade de infiltração da água no solo e à capacidade desse solo de resistir ao destacamento e arraste de partículas pelo escoamento. A partir dessas características e para poder atribuir pesos à pedologia, os solos foram classificados por grupo hidrológico, que leva em conta o fator de erodibilidade do solo. Logo, aos solos dos grupos com menor resistência a erosão foram atribuídas as maiores pontuações.

O uso da terra é fundamental para a análise de suscetibilidade à erosão, pois atividades antrópicas causam pressão sobre os recursos ambientais, elevando a possibilidade de ocorrência de processos erosivos. Sendo assim, áreas de uso extensivo da terra (urbano e agrícola) receberam valores maiores, enquanto áreas compostas de classes naturais receberam valores menores. A classificação do uso da terra utilizada segue alinhada com metodologia previamente utilizada pela equipe de pesquisa.

A utilização da declividade é necessária devido a ela ser fator responsável pela maior ou menor infiltração das águas das chuvas e a possibilidade de transporte e deslocamento de partículas de solo. As classes de declividade usadas seguiram o padrão recomendado pela EMBRAPA (1979) e em relação aos valores atribuídos às classes, as áreas de maior porcentagem de declividade receberam maior pontuação devido à maior possibilidade de transporte e deslocamento de partículas de solo.

Mapa 8. Suscetibilidade à erosão no Mosaico da EEJBB e AID.



Fonte: Nakagomi (2018).

Note, conforme Mapa 8, que as áreas mais propensas à erosão localizam-se na AID, externas às áreas protegidas, sendo que foi classificada como de muito alto risco uma zona a sudeste e a outra a oeste da área de estudo.



### 3. Situação socioeconômica de envolvimento de UCs do DF

#### *Análise e resultados*

A abordagem socioeconômica do projeto, que se integra à análise de envolvimento espaço-temporal das três Unidades de Conservação, está tratada em termos de mapeamentos comparativos de um conjunto seletivo de variáveis censitárias, cujos dados estão disponíveis no *Sistema de Informações Territoriais do Projeto Brasília 2060*. Os dados censitários, objeto de tratamento no Brasília 2060, são os mais representativos das condições de vulnerabilidade social e da densidade das ocupações, considerando as distinções entre áreas urbanas e rurais. A configuração da AMB em Unidades Espaciais de Informação (UEI) revelou ser um instrumento útil de análise, pois permite tecer as correlações territoriais de interesse. Nesse caso, abordamos as envoltórias socioeconômicas das UCs com o suporte do sistema. Para as três UCs estão disponíveis mapas conforme as seguintes variáveis, que incluem a variação temporal decenal (2000 – 2010):

- Percentual de Analfabetos em 2010 (% de pessoas de 15 anos ou mais);
- Variação de Analfabetos entre 2000-2010 (% de Analfabetos – 15 ou mais);
- Densidade Demográfica 2010 (Pop/km<sup>2</sup>);
- Variação da Densidade Demográfica entre 2000-2010 (Densidade Demográfica);
- Dependentes 2010 (% de pessoas);
- Variação do número de Dependentes entre 2000-2010 (% de Dependentes);
- Fossa Séptica 2010 (% de domicílios);
- Variação do percentual de Fossa Séptica entre 2000-2010 (% Fossa Séptica);
- Rede de Água 2010 (% de domicílios);
- Variação do percentual de Rede de Água entre 2000-2010 (% Rede de Água);
- Rede de Esgoto 2010 (% de domicílios);
- Variação do percentual de Rede de Esgoto entre 2000-2010 (% Rede de Esgoto);
- Renda 2010 (% 1 Salário Mínimo);
- Variação da Renda entre 2000-2010 (% 1 Salário Mínimo);

Para efeito desta publicação, vamos selecionar, para exemplificação de resultados que estarão disponíveis na plataforma do projeto, os mapeamentos correspondentes a:

- Rede de Água 2010 (% de domicílios); Renda 2010 (% 1 Salário Mínimo).

A sequência aqui apresentada demonstra a grande desigualdade entre o DF e os municípios envoltórios, observando-se que as UCs do PNB e da ESECAE estão próximas aos limites do DF. Observa-se, ao mesmo tempo, a principal desigualdade interna no DF, que se refere à renda. No caso da ESECAE e do Mosaico da EEJBB, o recorte seguiu, além do contato direto das UEI com a Unidade de Conservação, também a configuração da rede de bacias hidrográficas associadas (Águas Emendadas e Paranoá). Pois, dessa forma, também se estabelece a pressão demográfica sobre as UCs e recursos hídricos, cujas nascentes se originam nas unidades. Seguem então, por ordem de UCs, os resultados dos Mapas comparativos das UEIs de envolvimento.

### 3.1 ESECAE

*Ana Paula Camelo*

Para a análise foram consideradas todas as Unidades Territoriais da AMB que estivessem inseridas total ou parcialmente nas bacias hidrográficas do Rio Maranhão, Pipiripau e Mestre D'Armas, conforme mapas 1, 2 e 3. Além disso, ressalta-se que esses corpos hídricos ou estão inseridos por completo na Unidade de Conservação, como é o caso do Rio Maranhão, ou possuem nascentes no interior da AID (Mestre D'Armas) ou estão na AID (Rio Pipiripau).

Essa escolha foi feita devido à importância da preservação dos recursos hídricos para a conservação da Unidade de Conservação e, também, que em termos gerenciais, segundo a Política Nacional de Recursos Hídricos, a bacia hidrográfica é a unidade territorial para implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.

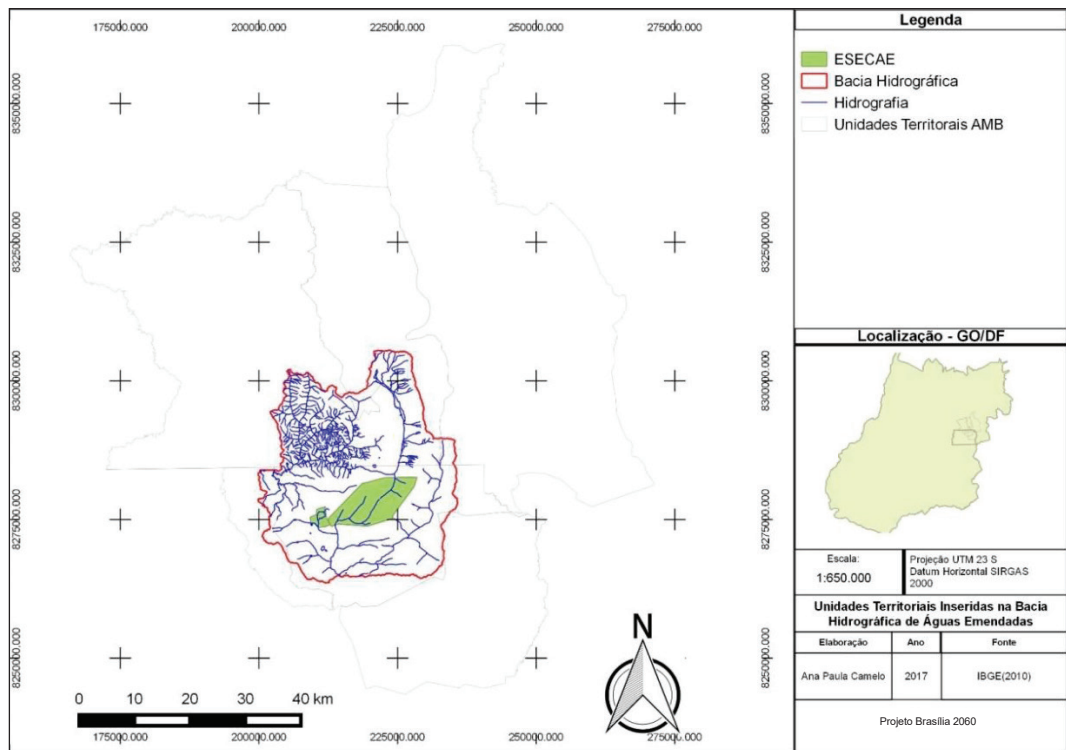
Para delimitação da bacia hidrográfica a ser analisada foram utilizados dados das quadrículas (14s48\_15s48\_15s495; 16s48\_ e 16s495) do radar SRTM ((Shuttle Radar Topographic Mission), disponibilizados pelo Projeto TOPODATA (INPE), gerado através de processamentos digitais do MDE do SRTM. Os dados disponíveis do TOPODATA sofreram correções, incluindo informações em pontos/áreas anteriormente com ausência de dados. Estes passaram por um processamento computacional para refinamento no tamanho da célula (pixel) para ~30 m. O refinamento foi realizado a partir de interpolação de todo o universo de dados pelo método de krigagem, processo embasado na análise geoestatística da variabilidade dos dados, onde se definem coeficientes que respondem melhor ao modelo de superfície real.

Dessa forma, as Unidades Territoriais envolvidas à Unidade de Conservação são:

Córrego Rico;  
Itiquira;  
Planaltina – DF;  
Planaltina – GO;  
São Gabriel de Goiás;  
Sobradinho;  
Vale do Rio Preto.

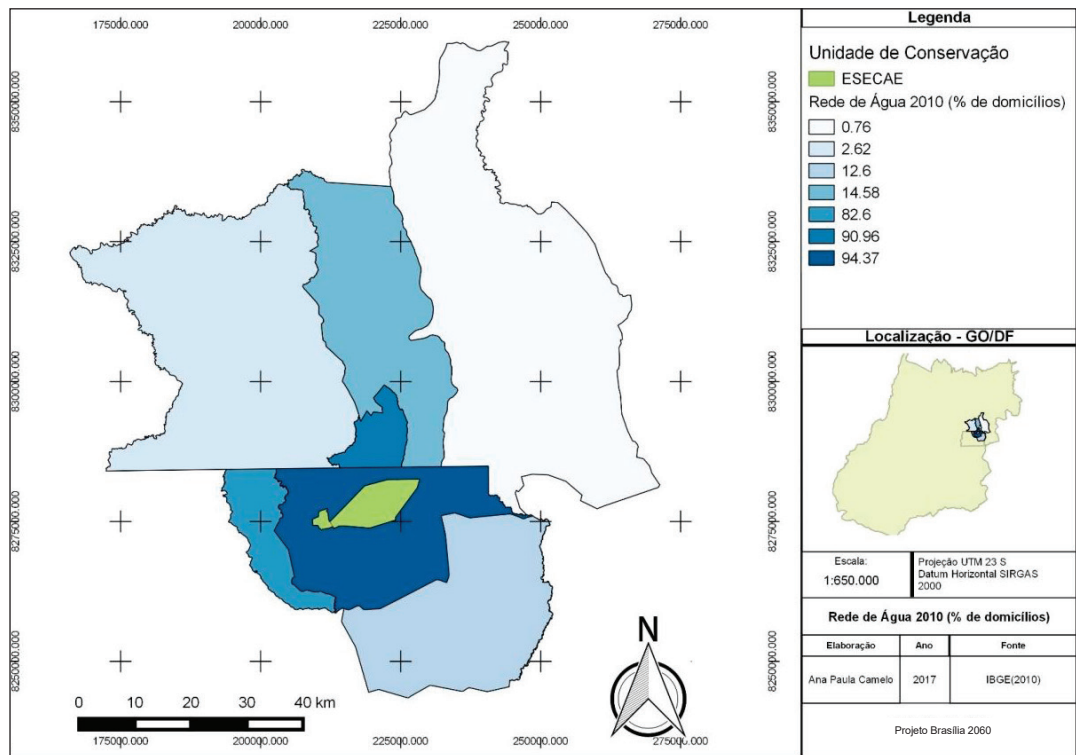


Mapa 1 . UEIs e Bacia hidrográfica da ESECAE.



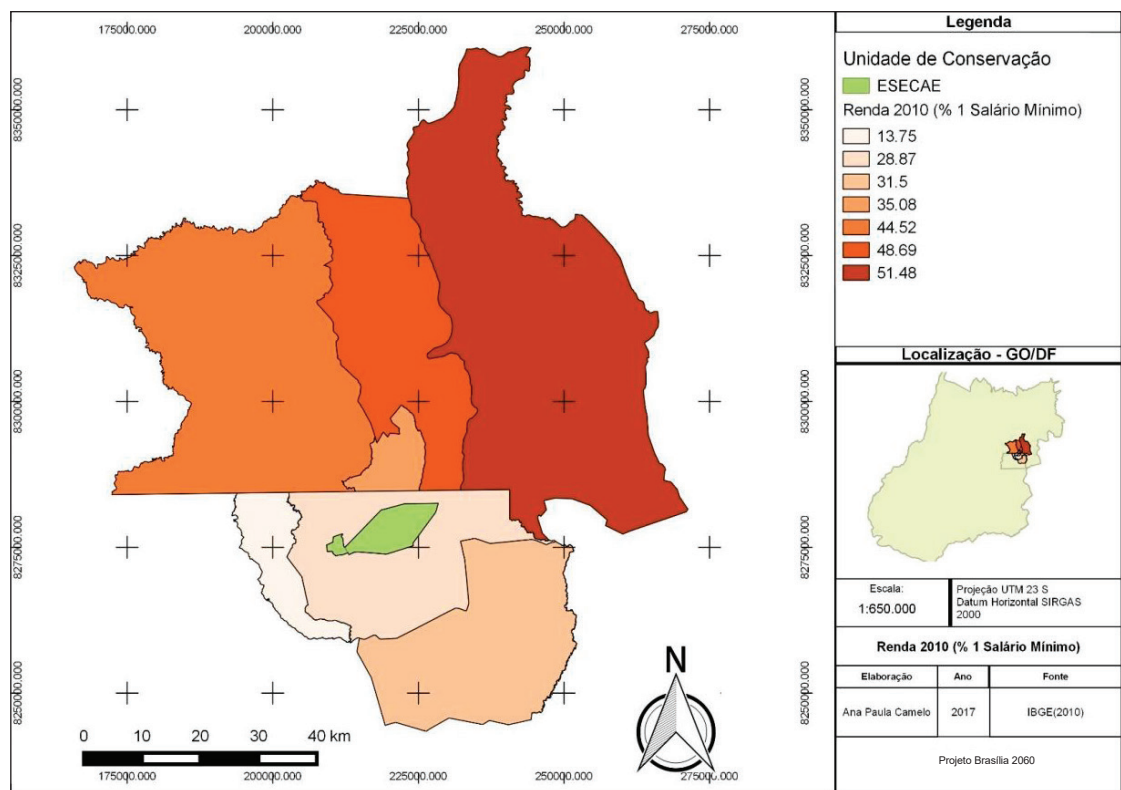
Fonte: Camelo (2017).

Mapa 2. Rede Água 2010 - UEIs – ESECAE.



Fonte: Camelo (2017).

Mapa 3. Renda 2010 – % salário mínimo por UEIs – ESECAE.



Fonte: Camelo (2017).

### 3.2 Parque Nacional de Brasília – PNB

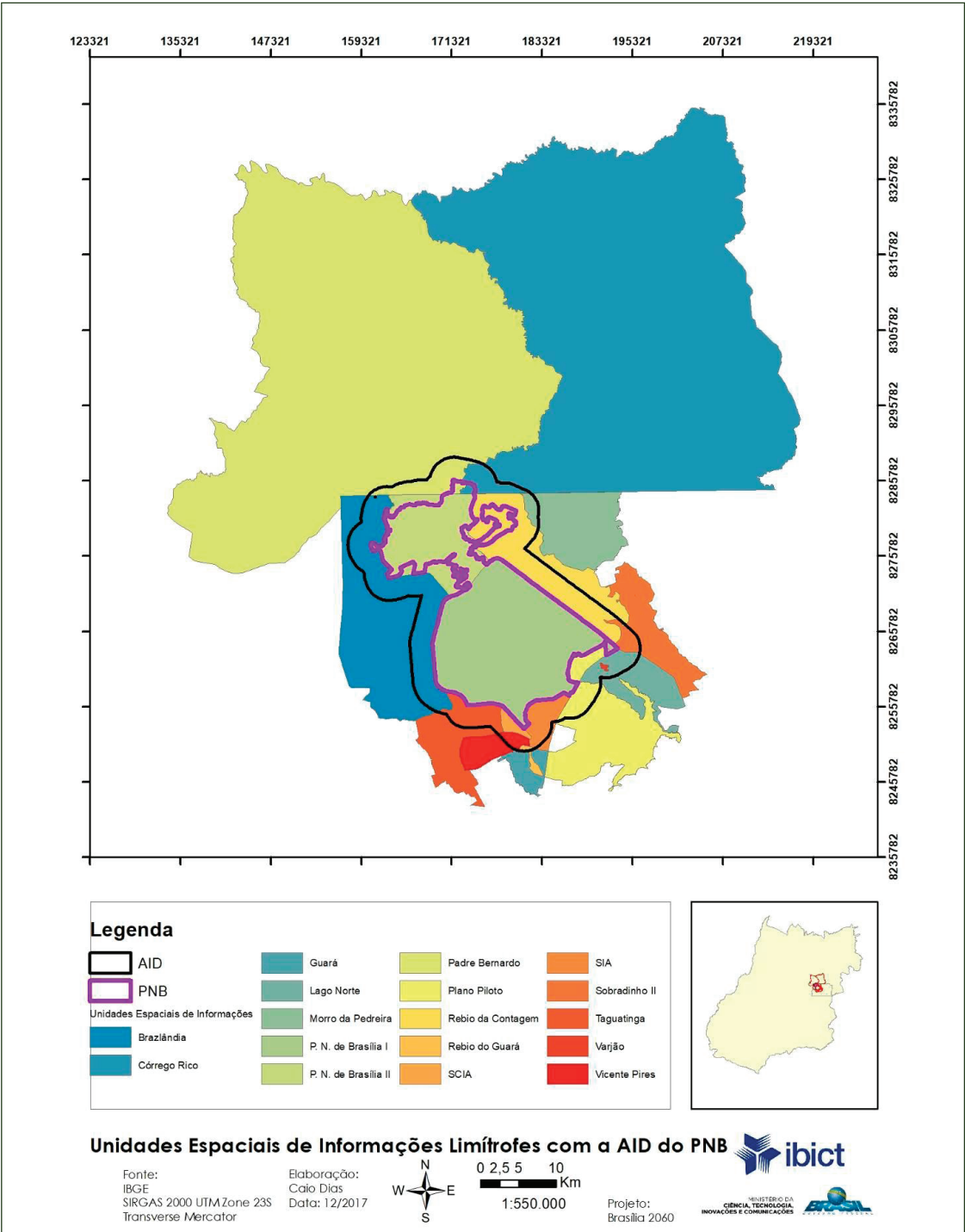
Caio Dias

A confecção dos mapas socioeconômicos para as unidades de informação limítrofes com sua AID do PNB foi realizada através do acesso aos dados contidos no sistema Brasília 2060 e sua reclassificação. As unidades de informação limítrofes com a AID do PNB são: Brazlândia, Córrego, Guará, Lago Norte, Morro da Pedreira, PN de Brasília I, PN de Brasília II, Padre Bernardo, Plano Piloto, Rebio da Contagem, Rebio do Guará, SCIA/Estrutural, SIA, Sobradinho II, Taguatinga, Varjão e Vicente Pires, conforme mapas 1, 2 e 3.

As classes foram subdivididas em 7 classes quantil (em que cada classe tem o mesmo número de ocorrência) devido ao alto número de unidades de informação, que são 17 (Dias, dez 2017).

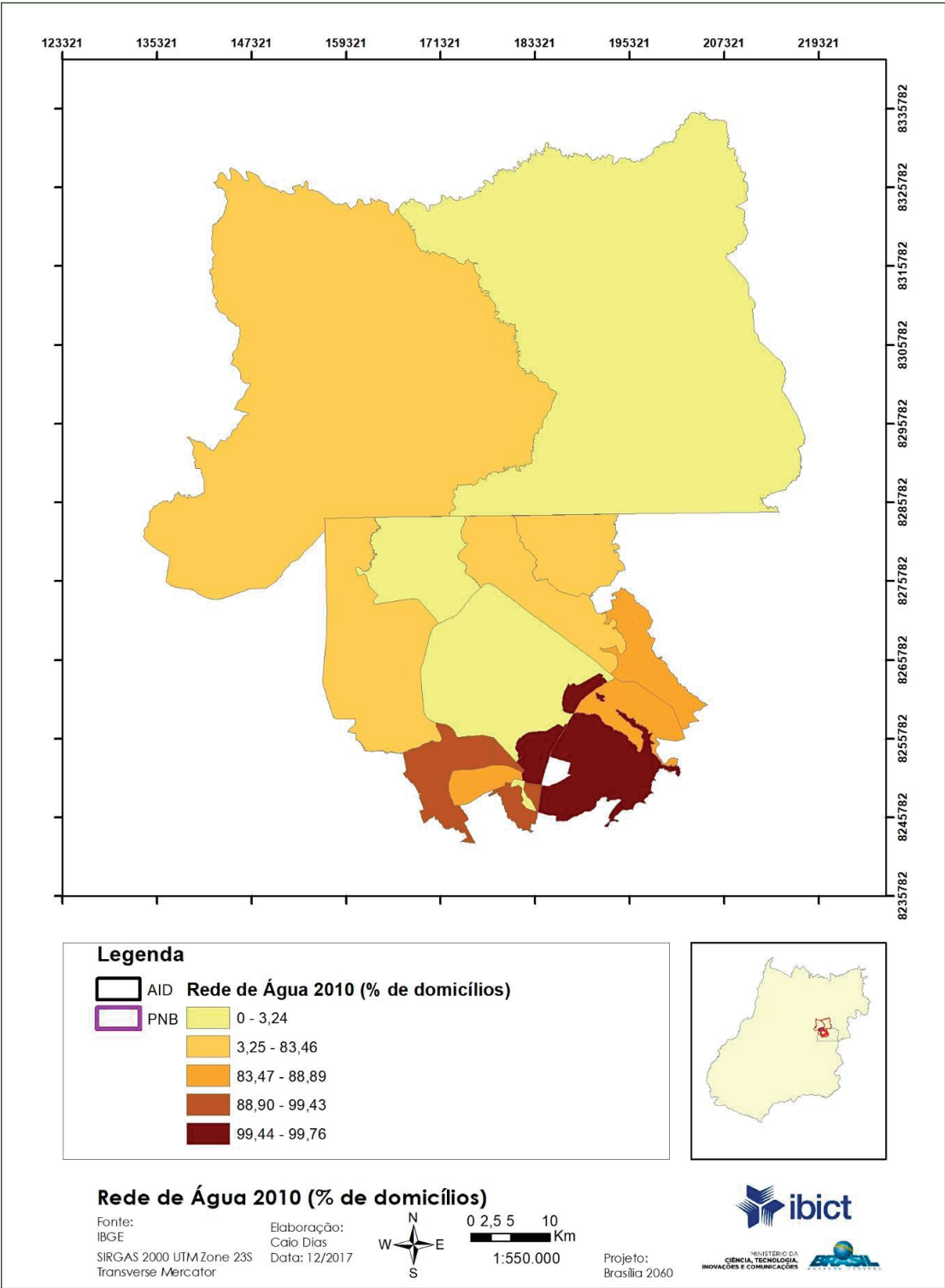
O respectivo mapeamento obedeceu a todas as indicações de variáveis acima listadas, com produção de mapas específicos. Para efeito deste relato condensado, no entanto, deve-se observar que os resultados do mapeamento para a desigualdade de cobertura de serviços de abastecimento de água e diferenciais de renda, conforme Mapas 2 e 3, são comparativamente o inverso um do outro. Notadamente, fica expressa a desigualdade social e de políticas públicas entre DF e municípios de Goiás limítrofes ao PNB.

Mapa 1. UEIs do PNB.



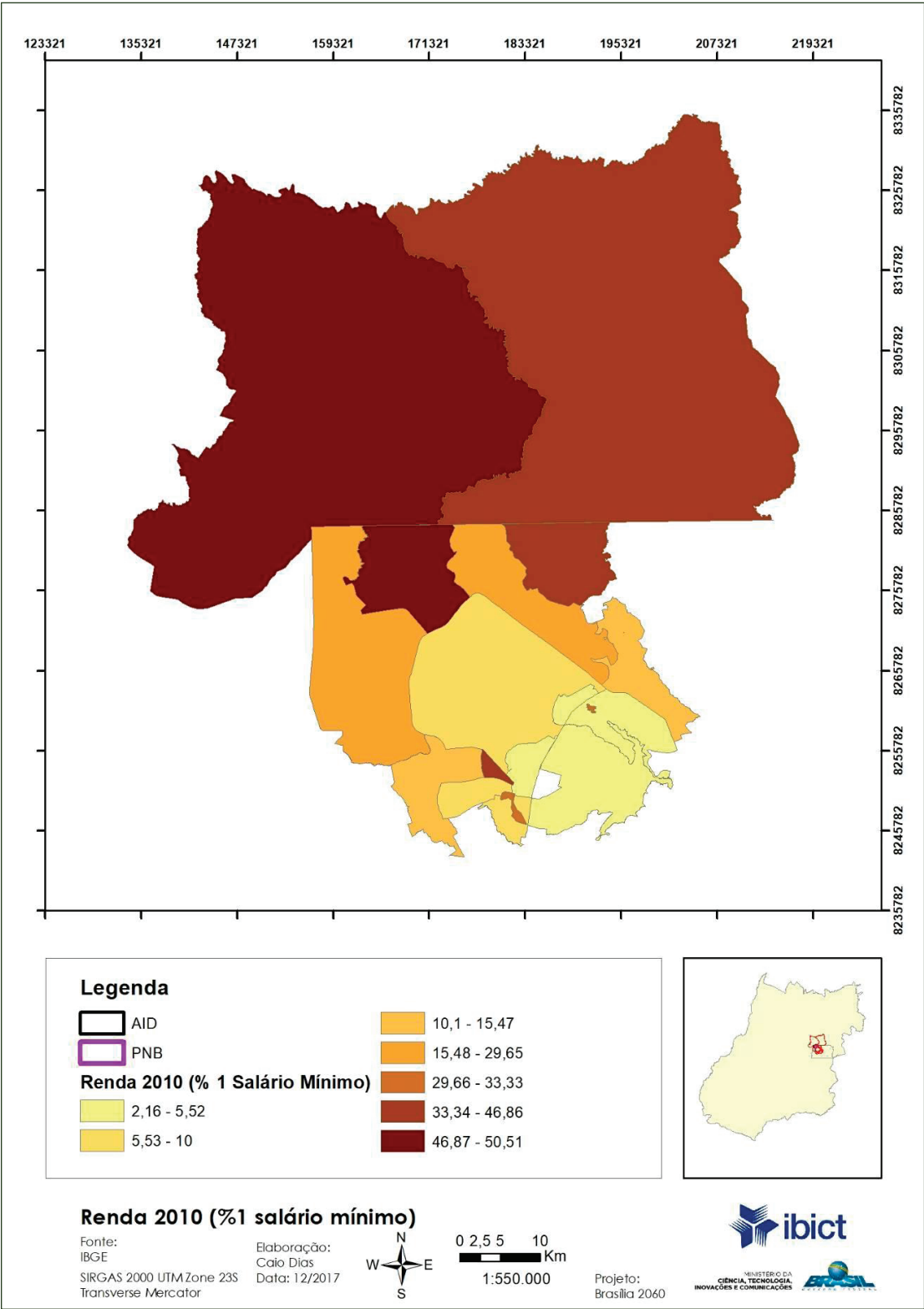
Fonte: Dias (2017).

Mapa 2. Rede de Água – UEIs do PNB.



Fonte: Dias (2017).

Mapa 3. Renda % salário mínimo (2010) – UEIs do PNB.



Fonte: Dias (2017).

### **3.3 Mosaico da estação ecológica do Jardim Botânico de Brasília - EEJBB**

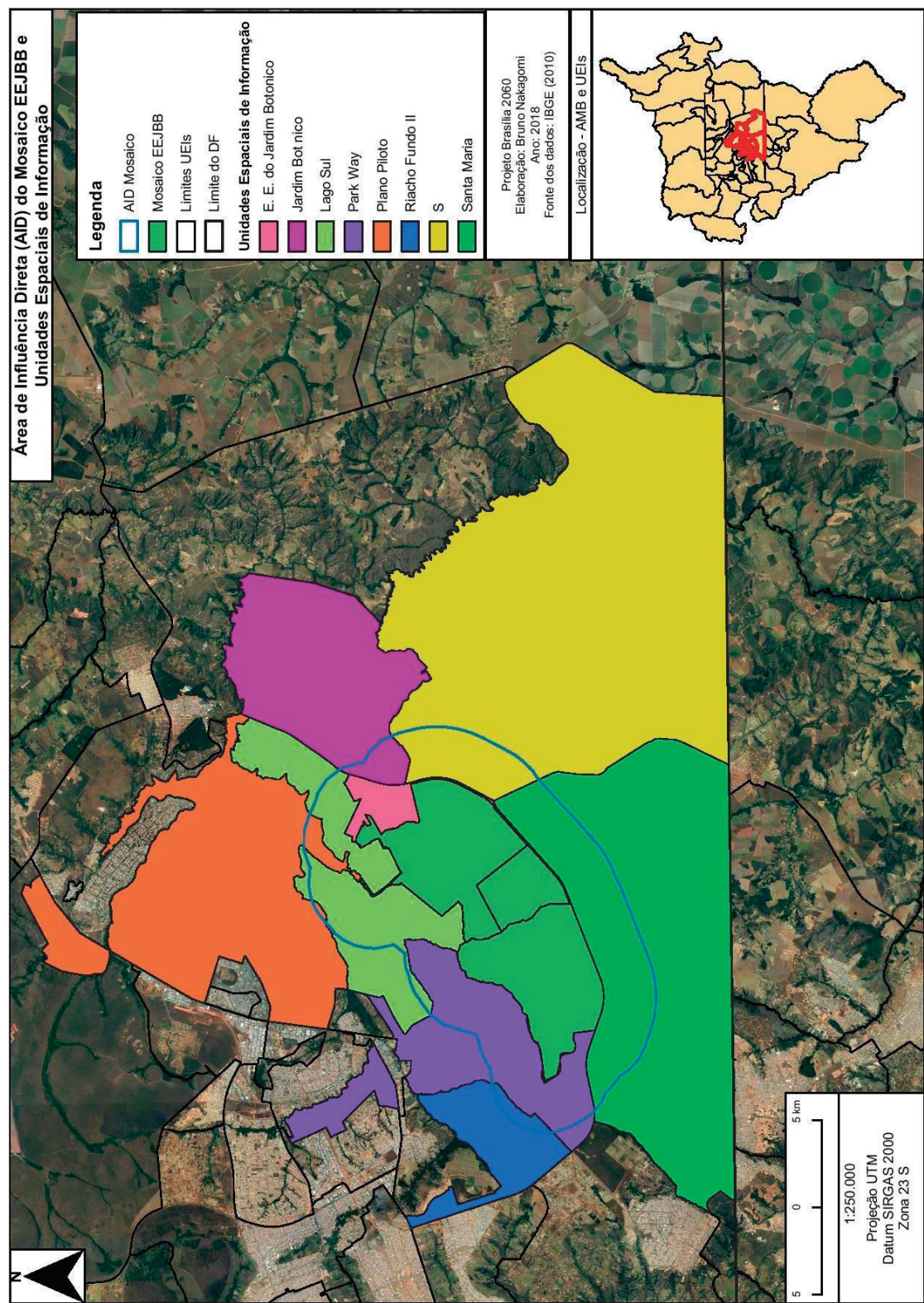
*Bruno Nakagomi*

A caracterização socioeconômica e de vulnerabilidade social das unidades territoriais contidas parcial ou integralmente pela Área de Influência Direta do Mosaico da EEJBB foi produzida a partir dos dados do *Sistema de Informações Territoriais do projeto Brasília 2060*. As UEIs pertencem às seguintes Regiões Administrativas: Lago Sul, Parque Way, Plano Piloto, Riacho Fundo II, São Sebastião e Santa Maria, conforme Mapa 1. A escolha das unidades também segue as bacias hidrográficas circunscritas pela área de estudo do mosaico, englobando as seguintes bacias: Lago Paranoá, Riacho Fundo, Ribeirão do Gama, Ribeirão Taboca, Ribeirão Papuda, Ribeirão Cachoerinha, Ribeirão Santana, Ribeirão Maria Pereira e Ribeirão Saia Velha (SEGETH, 2017).

Os dados utilizados para a caracterização das unidades territoriais e respectivo mapeamento obedeceram a todas as indicações estatísticas acima listadas. Para efeito desta abordagem condensada, observe os resultados do mapeamento para a desigualdade de cobertura de serviços e diferenciais de renda, conforme Mapas 2 e 3.

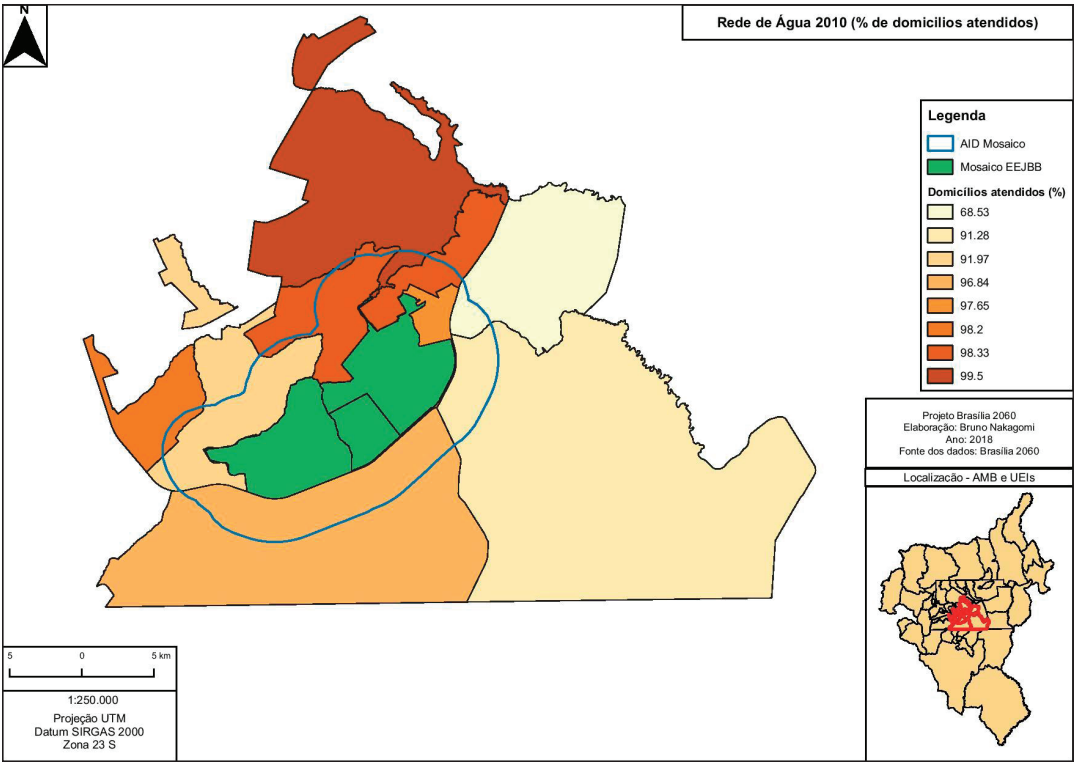


Mapa 1. Mosaico da EEJBB e UEIs.



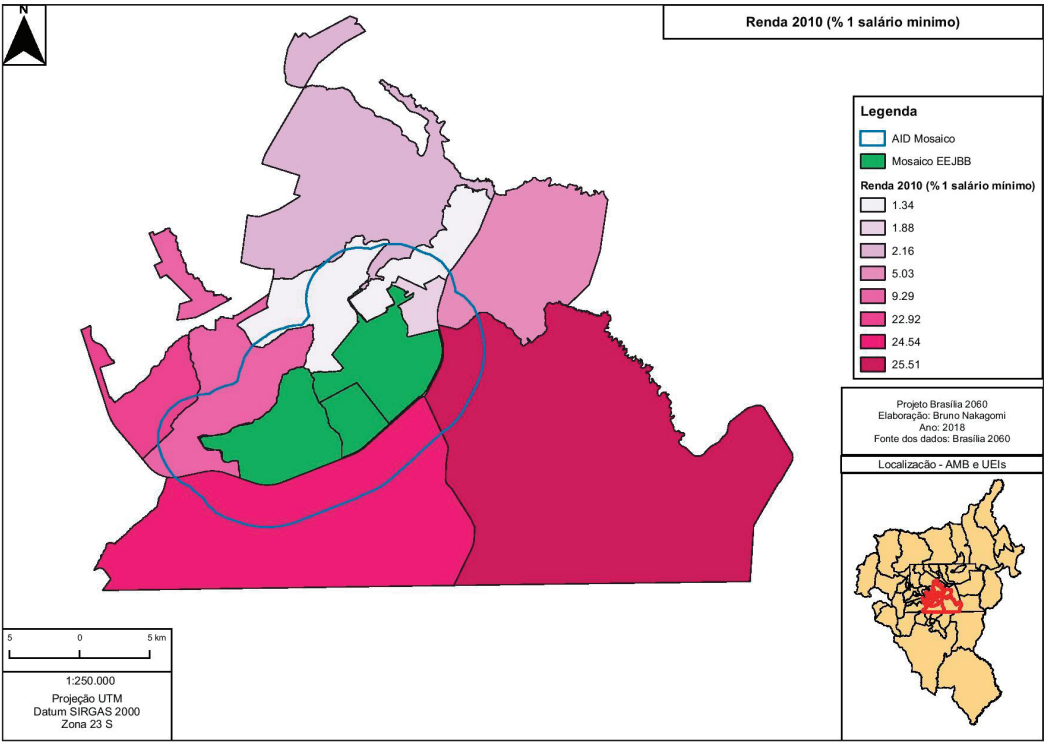
Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 2. Rede de água.



Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 3. RENDA % até 1 salário mínimo.



Fonte: Nakagomi (2018).

## 4. Situação de contato do DF com 3 municípios limítrofes da AMB

### *Análise e resultados*

No que toca à análise territorial da AMB, além do DF, as atividades de pesquisa estão focadas nos seguintes municípios de Goiás: Formosa, Águas Lindas e, no limite sul, Valparaíso de Goiás, limítrofes ao DF. O mesmo recorte de análise que foi realizado para a situação intraurbana do DF está sendo considerado para o quadro municipal, considerando o processo de urbanização e áreas protegidas, além da transformação da paisagem. A seguir são apresentados os resultados de análise dos municípios, considerando as UEI, do projeto Brasília 2060.

### 4.1 UEI de Formosa e CIF

*Ana Paula Camelo*

Para comparar o impacto da urbanização da área protegida ESECAE com as demais áreas do entorno do Distrito Federal (DF) na vertente leste foi realizado o estudo de análise de urbanização em UEIs próximas à ESECAE, porém que estivessem localizadas fora do DF. Na vertente leste há uma área protegida (CIF) integrante do mosaico da AMB como UEI, no entanto, não há área urbana na envoltória direta da UEI, dessa forma, foi agregada a análise a UEI Formosa, que se conecta à UEI CIF e é composta pela área urbana do município de Formosa-GO.

Inicialmente foram levantados dados e informações produzidas referentes às áreas da vertente Leste, com ênfase nas UEIs de Formosa e Campo de Instrução de Formosa (CIF) para compor o banco de dados para as análises. Para a análise foi estabelecida uma Área de Influência Direta (AID) de 3 quilômetros (km) de raio a partir da poligonal da ESECAE.

No estudo utilizou-se o sistema de coordenadas geográficas SIRGAS 2000, uma vez que esse é o sistema de referência oficial adotado pelo Brasil. Dentro desse sistema, a zona UTM 23 Sul comporta a área de estudo, tornando-se padrão para todos os arquivos geoprocessados.

A pesquisa foi dividida em duas partes e seguiu o fluxograma demonstrado nos marcos metodológicos (Figura 1, pg. 6). Na análise proposta e no tratamento digital dos dados foram utilizados os seguintes softwares: Envi 4.7, QGIS 2.14.1, Fragstats e Dinamica EGO (Environment for GeoprocessingObjects) na versão 1.0.6; STATA 12 e MS Excel 2013.

#### 4.1.1 Crescimento da área urbana

A análise do crescimento da área urbana foi realizada utilizando as imagens de satélite disponíveis, uma vez que, ao contrário do DF, o Estado de Goiás não conta com dados de acompanhamento do crescimento urbano. Foi realizado o computo das áreas urbanas, em hectares, para os anos 1986, 1996, 2006 e 2016.



Foram calculados a área urbana acumulada, a taxa de incremento periódica e a taxa de incremento médio anual, sendo  $A_i$  a área urbana no período anterior e  $A_j$  a área urbana no período sucessivo a  $A_i$ , conforme demonstradas no Quadro 1, pg. 8.

Para a análise do crescimento urbano nas UEIs Formosa e CIF, assim como nas suas AID, foram utilizados os dados de satélite. Na Tabela 1 estão dispostos a variação da área urbana.

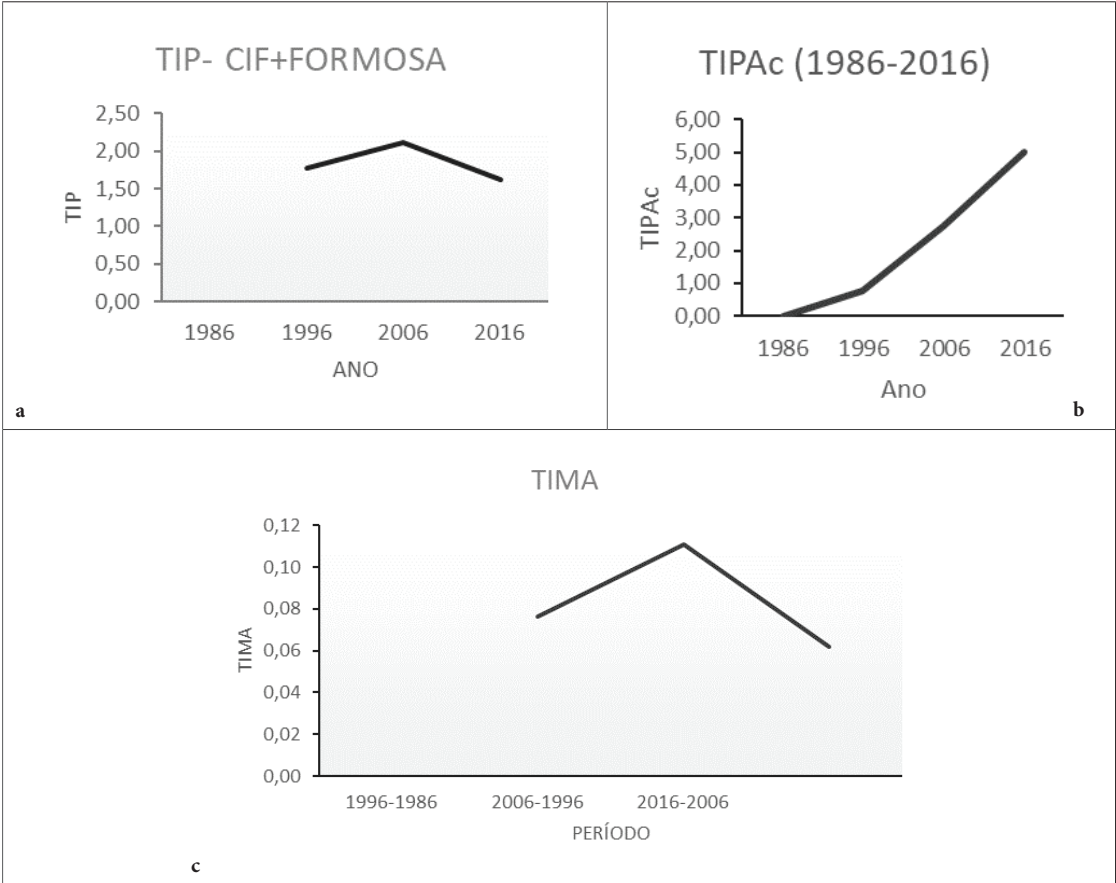
Tabela 1. Variação do uso urbano na área de influência direta de Formosa e CIF.

Ano	Área (ha)	Área Urbana Acumulada (ha)	Taxa de Incremento Periódico(TIP)	Taxa de Incremento Periódico Acumulada (TIPAc)	Taxa de Incremento Médio Anual (TIMA)
1986	1446,36	1446,36	-	-	-
1996	1107,43	2553,79	1,77	0,77	0,08
2006	2827,55	5381,34	2,11	2,72	0,11
2016	3326,53	8707,87	1,62	5,02	0,06

Fonte: Camelo (2018).

Para melhor visualização dos dados, estes estão dispostos na Figura 1(a, b, c) abaixo.

Figura 1. Taxa de Incremento Periódico, Taxa de Incremento Periódico Acumulada e Taxa de Incremento Médio Anual da AID das UEI CIF e Formosa.



Fonte: Camelo (2018).

As crescentes taxas de crescimento até 1996 podem ser explicadas como resquícios dos desdobramentos das políticas Programa da Região Geoeconômica de Brasília (Pergeb) e Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (Polocentro) (SOUZA, 2020). Ainda, de acordo com Souza (2020), é essencial considerar também como processo produtor da paisagem a expansão urbana de Brasília que, a partir da segunda metade da década de 1970, começa a ganhar um traço de expansão metropolitana a partir do avanço da expansão urbana brasiliense sobre o território dos municípios goianos limítrofes.

#### **4.1.2 Análise das mudanças do uso do solo**

A análise das mudanças de usos do solo foi realizada sobre classificação de imagens de sensoramento remoto e por taxas de conversão. O uso do solo foi classificado em 5 classes: agrícola, urbano, formações campestres e savânica (Cerrado), formações florestais e água. Na tabela 2 estão dispostos os índices kappa e a acurácia global das classificações realizadas. Uma vez que o índice Kappa de todas as imagens foi acima de 0,8, a classificação do uso do solo das imagens foi considerada excelente, conforme a classificação de Landis e Koch (1977).

Uma série de mapas de uso do solo foi elaborada, correspondendo aos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016. Neste relato condensado incluímos os Mapas 1 e 2 para apresentação dos resultados da análise do uso do solo do início e final do período em estudo.

A partir da classificação do uso do solo deu-se seguimento à análise quantitativa das alterações e conversões entre as classes, considerando a transição na dimensão temporal decenal e no período integral entre 1986 e 2016.

#### ***Mudanças do uso do solo***

A análise do insulamento da Unidade de Conservação foi realizada por meio do estudo de fragmentação da paisagem, que foi antecedido de quantificação de mudanças do uso do solo e por métricas da paisagem. Para tanto, foram utilizadas imagens do sensor Landsat 5 e Landsat 8 para realizar a classificação do uso do solo.

A classificação do uso do solo consistiu inicialmente na identificação das fitofisionomias de Cerrado existentes, de acordo com o sistema de classificação das fitofisionomias do bioma descrito por Ribeiro e Walter (1998), e seu mapeamento foi realizado por meio da interpretação de imagens fazendo uso dos softwares ENVI 4.7. Os mapas de uso do solo foram confeccionados a partir de imagens dos satélites Landsat 5 TM e órbita 221, ponto 71 para os anos 1986, 1996 e 2006 nos períodos da seca e Landsat 8 OLI órbita 221, ponto 71 para o ano de 2016 também para o período de seca, quando há menor ocorrências de nuvens.

O pré-processamento foi realizado com os processos de correção atmosférica das imagens e teve por base o Princípio da Reflectância Zero. Posteriormente, foi realizada a correção geométrica, na qual foram utilizados o modelo de transformação polinomial de primeiro grau e o método de interpolação do vizinho mais próximo. A primeira etapa desse processo foi a identificação e o registro das coordenadas de pontos, denominados de controle, que são comuns às imagens digitais e às cartas

planialtimétricas. As coordenadas reais foram padronizadas para o sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator) e datum SIRGAS 2000.

A análise foi realizada no ENVI 4.7 por meio de classificação supervisionada com o algoritmo de máxima verossimilhança. A classificação supervisionada consiste na identificação prévia das classes de informação chamadas áreas de treinamento, que nada mais são do que representações do comportamento médio das classes que serão mapeadas automaticamente (TANGERINO & LOURENÇO, 2013).

A imagem foi construída com a composição 5R, 4G e 3BLandsat 5 TM e 6R, 5G e 4BLandsat 8 OLI. Para validar a classificação, foram coletadas amostras de referência e realizados, por meio da matriz de confusão, os cálculos de exatidão global (Equação 1) e índice Kappa (Equação 2, conforme Marcos Metodológicos).

Para a interpretação das imagens foi utilizada a chave de interpretação das composições coloridas, conforme Sano et al. (2008), que incluem a definição das características tonais, texturais e geométricas das classes de mapeamento presentes no bioma.

O uso do solo foi dividido em cinco classes, conforme descrito na Quadro 1. Optou-se por não utilizar a classe de solo exposto, visto que na área há rotação de culturas e os solos expostos localizados na imagem são derivados da falta de cultura na área na época de aquisição da imagem.

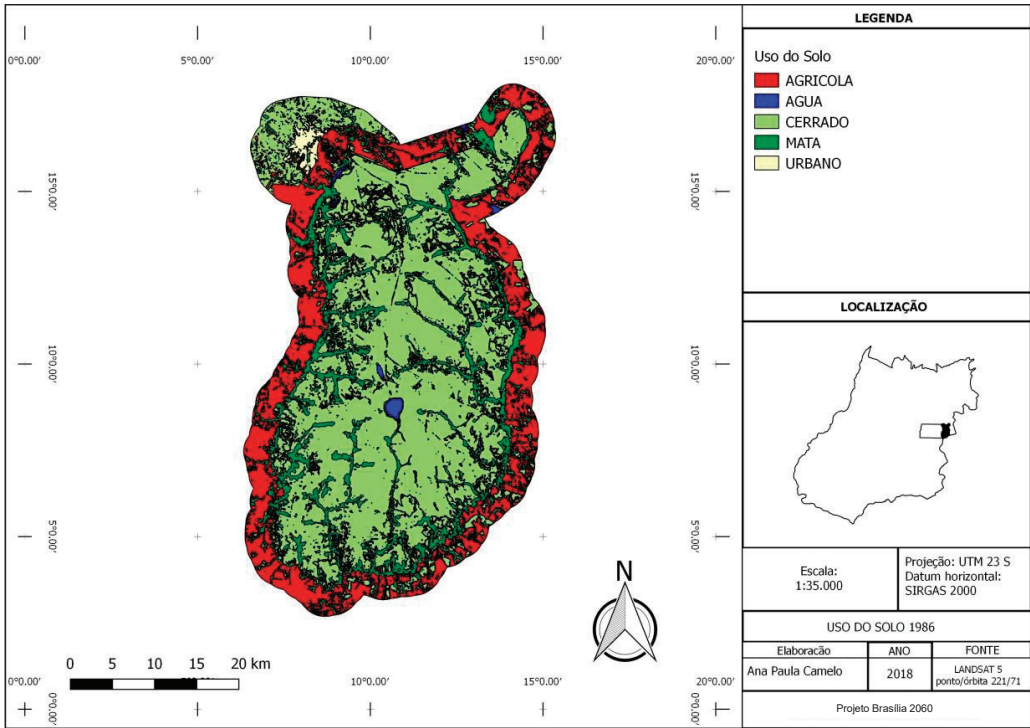
Quadro 1. Classificação do uso do solo.

Tipo de Classe	Nome da Classe	Descrição
Antrópica	Agrícola	Uso do solo referente às atividades pecuárias e agrícolas
	Urbano	Uso do solo referente às atividades urbanas
	Reflorestamento	Uso do solo referente às áreas de monoculturas de espécies florestais de pinus e eucalipto
Natural	Formação Campestre e Savânica	Uso do solo referente às fitofisionomias de 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

Fonte: Camelo (2018).

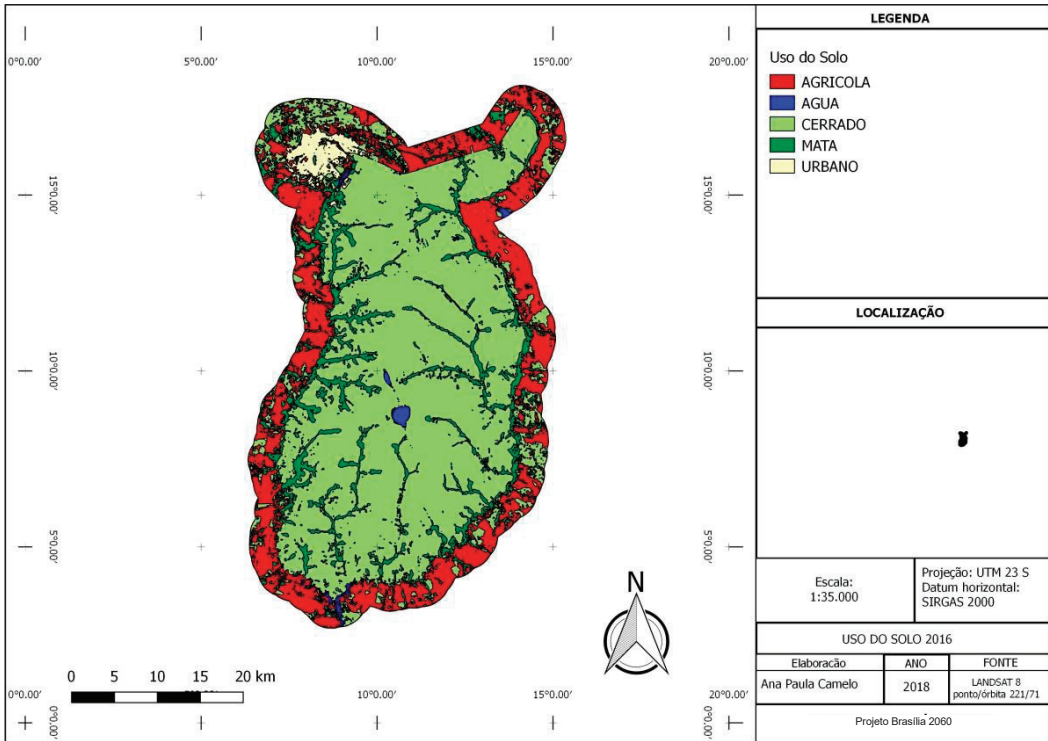


Mapa 1. Uso do solo Formosa, CIF e AID – 1986.



Fonte: Camelo (2018).

Mapa 2. Uso do solo Formosa, CIF e AID – 2016.



Fonte: Camelo (2018).

Tabela 2. Resultado da classificação das imagens para classificação do uso do solo em Formosa.

IMAGEM	ÍNDICE Kappa	Acurácia Global
1986	0,94	95,61%
1996	0,95	96,67%
2006	0,95	97,09%
2016	0,96	97,30%

Fonte: Camelo (2018).

A primeira análise a ser realizada foi a determinação da quantificação das mudanças do uso do solo por meio de Cadeias de Markov. A primeira análise de transição do uso do solo foi realizada para o período de 1986 a 1996 (Tabela 3). Cabe ressaltar que a taxa de conversão é uma taxa líquida.

Tabela 3. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 1986 e 1996.

Classe inicial (1986)	Classe final (1996)	Taxa de conversão (% a.a)
Agrícola	Formações Savânicas e Campestres	0,023
Agrícola	Formações Florestais	0,004
Formações Savânicas e Campestres	Agrícola	0,004
Formações Savânicas e Campestres	Formações Florestais	0,008
Formações Florestais	Agrícola	0,023
Formações Florestais	Formações Savânicas e Campestres	0,019
Urbano	Agrícola	0,020
Urbano	Formações Savânicas e Campestres	0,025
Urbano	Formações Florestais	0,001

Fonte: Camelo (2018).

Cabe ressaltar que a modificação do uso Urbano para outros usos deve-se principalmente ao fato de que o solo exposto também foi classificado como urbano devido à sua resposta espectral em imagens de média resolução e que na maioria das vezes trata-se de abandono de terra.

As maiores taxas de conversão foram de formações florestais para agrícola (0,023 a.a) e de solo exposto para agrícola (0,020 a.a). De acordo com Souza (2017), a implantação da nova Capital estimulou a produção agrícola em Formosa-GO, que fez parte das regiões-programa do Polocentro com atuação na Região de Brasília. No entanto, o autor ressaltava que associado ao processo de expansão da agricultura moderna, o município de Formosa é associado ao crescimento demográfico elevado e à melhora acentuada nos indicadores (sendo eles: aumento da renda per capita, diminuição do percentual de população pobre).

O segundo período de transição analisado foi de 1996 a 2006. Os resultados encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 1996 e 2006.

Classe inicial (1996)	Classe final (2006)	Taxa de conversão (%a.a)
Agrícola	Formações Florestais	0,030
Agrícola	Urbano	0,003
Formações Savânicas e Campestres	Agrícola	0,011
Formações Savânicas e Campestres	Formações Florestais	0,012
Formações Savânicas e Campestres	Urbano	0,001
Formações Florestais	Agrícola	0,007
Formações Florestais	Formações Savânicas e Campestres	0,070
Urbano	Agrícola	0,003
Urbano	Formações Savânicas e Campestres	0,002
Urbano	Formações Florestais	0,005

Fonte: Camelo (2018).

Um ponto importante observado nas transições foi a savanização do Cerrado, ou seja, Formações Florestais sendo modificadas para Formações Savânicas e Campestres. De acordo com o IPCC (2017), a predominância de savana poderá ocorrer por expansão e deslocamento, com a redução do componente arbóreo. Para os fragmentos de floresta estacional semidecidual, a redução na área de cobertura com savanização constitui uma provável resposta futura aos efeitos da mudança do clima, sem considerar fatores que afetam a sensibilidade dos sistemas como fragmentação e incidência de incêndios.

O terceiro e último período de transição analisado foi de 2006 a 2016. Os resultados estão dispostos na Tabela 5.

Tabela 5. Taxas de conversão de uso do solo entre os anos de 2006 e 2016.

Classe inicial (2006)	Classe final (2016)	Taxa de conversão (% a.a)
Agrícola	Formações Savânicas e Campestres	0,019
Agrícola	Formações Florestais	0,011
Agrícola	Urbano	0,001
Formações Savânicas e Campestres	Agrícola	0,001
Formações Savânicas e Campestres	Formações Florestais	0,008
Formações Savânicas e Campestres	Urbano	0,000
Formações Florestais	Agrícola	0,032
Formações Florestais	Formações Savânicas e Campestres	0,053
Formações Florestais	Urbano	0,002
Urbano	Agrícola	0,007
Urbano	Formações Savânicas e Campestres	0,019

Fonte: Camelo (2018).

É notório que a taxa de conversão de uso da terra nas UEI CIF-FORMOSA é bastante inferior à taxa de conversão da UEI ESECAE. Isso é devido ao estabelecimento de uma forte zona agrícola ao redor da UEI CIF-FORMOSA e ao fato de a zona urbana de Formosa ser limitada por uma marcante encosta montanhosa. No último período analisado se destacam as conversões para o uso agrícola e também a savanização da área.

Todavia, as análises de transição não revelam a localização das mudanças do uso do solo, nesse sentido, foram realizadas análises de persistência, onde foram detectadas as áreas com alteração do uso do solo.

### 4.1.3 Análise da paisagem – persistência

Para esta etapa, foram consideradas as mudanças ocorridas entre 1996-1986, 2006-1996, 2016-2006 e, para verificar o insulamento e modificação do uso do solo, foi considerado também o período 2016-1986. Para efeito deste, apresenta-se o Mapa 3, referente ao período integral da análise da paisagem.

Na Tabela 6 estão dispostas a quantidade de áreas onde houve mudança do uso do solo em termos percentuais. Ressalta-se que esse valor é referente somente a área correspondente ao raio de 3 km (Área de Influência Direta) da unidade.

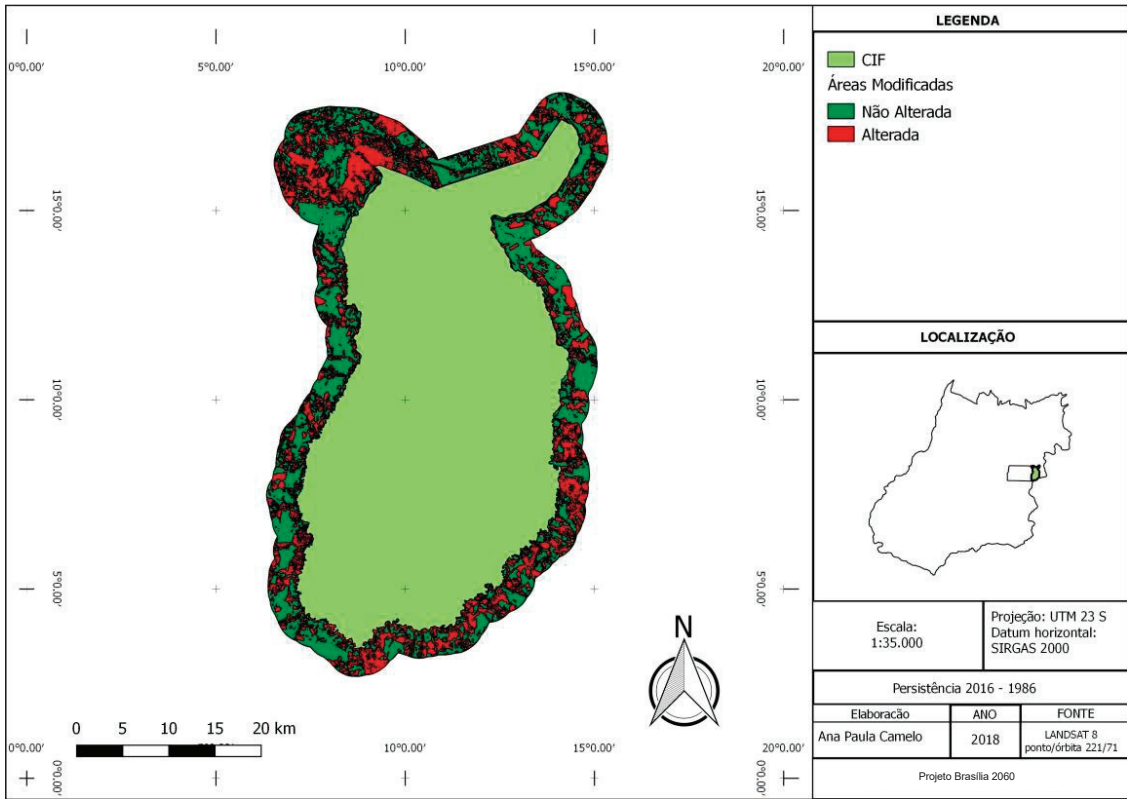
**Tabela 6.** Percentual de áreas inalteradas e modificadas entre os anos estudados.

Período	Área Inalterada (%)	Área Modificada (%)
1996-1986	61	39
2006-1996	57	43
2016-2006	64	36
<b>2016-1986</b>	<b>57</b>	<b>43</b>

Fonte: Camelo (2018).

Ao comparar com o resultado da análise de persistência da UEI ESECAE, também é possível observar a diferença de área modificada. Enquanto no DF há 51% de área modificada, na UEI CIF-FORMOSA apenas 43% foram modificados, sendo que maior parte da modificação ocorreu na UEI Formosa e não na UEI-CIF.

Mapa 3. Persistência da paisagem AID de Formosa e CIF (2016-1986).



Fonte: Camelo (2018).

4.1.4 Análise da paisagem – fragmentação

O primeiro bloco de métricas de paisagem a ser avaliado foi o das métricas referentes às classes. Na Tabela 7 estão os resultados correspondentes.

Tabela 7. Métricas de classes da paisagem.

(continua)				
ANO	CLASSE	MÉTRICA		
		NP	PD	TCA
1986	Agrícola	885	0,49	32.024,88
	Formações Savânicas e Campestres	2392	1,32	91.474,02
	Formações Florestais	3755	2,01	21.778,92
	Urbano	4	0,0022	1.173,42
1996	Agrícola	1819	1,00	32.622,21

Tabela 7. Métricas de classes da paisagem.

(finalização)				
ANO	CLASSE	MÉTRICA		
		NP	PD	TCA
	Formações Savânicas e Campestres	5752	3,17	90.654,57
	Formações Florestais	4926	2,71	20.555,73
	Urbano	2	0,0011	939,6
2006	Agrícola	1760	0,97	31.596,48
	Formações Savânicas e Campestres	1846	1,02	92.887,29
	Formações Florestais	4991	2,75	17.612,64
	Urbano	120	0,07	2.302,29
2016	Agrícola	1019	0,56	34.124,49
	Formações Savânicas e Campestres	2109	1,16	10.7306,4
	Formações Florestais	2121	1,17	15.474,06
	Urbano	12	0,0066	2.961,99

Fonte: Camelo (2018).

Nas UEIs CIF-FORMOSA, devido ao tipo de transformação do uso, houve uma diminuição de manchas e diminuição das áreas centrais (TCA), indicando não o processo de fragmentação, mas a dissolução de fragmentos florestais e transformação do uso da terra. Outro ponto importante de destaque é o aumento de manchas de urbanização com o aumento da área núcleo informando que a urbanização estrutura as atividades econômicas e produtivas de forma a agregar os municípios em torno de um núcleo principal (IBGE, 2016). Ou seja, as manchas de áreas urbanas vão se aglomerando ao redor da área núcleo.

O segundo bloco de métricas de paisagem a ser avaliado foi o das métricas referentes à paisagem como uma única unidade. Na Tabela 8 estão os resultados.

Tabela 8. Métricas da paisagem.

ANO	MÉTRICA				
	ED	LSI	NDCA	CONTAG	SHDI
1986	46,28	50,77	7.193,00	59,58	1,03
1996	50,94	55,73	7.407,00	59,35	1,00
2006	50,91	55,68	8.547,00	57,60	1,06
2016	27,93	31,22	3.238,00	63,53	0,98

Fonte: Camelo (2018).

Observa-se que o ano de 1996 é o que apresenta maiores valores das métricas de densidade de bordas e índice de forma da paisagem, o que indica que é o ano em que houve maior fragmentação da paisagem. No ano de 2016 há uma maior uniformidade (menor quantidade de bordas), pois o uso agrícola já está mais dominante na paisagem (baixo SHDI), no entanto há um elevado índice de contágio. O índice de contágio estabelece o grau de fragmentação da paisagem, destacando assim a conectividade entre os habitats originais e consequentemente a mobilidade e dispersão de organismos através da paisagem. Isso indica que a dominância pelo uso agrícola gera uma forte fragmentação dos demais usos do solo.



Ressalta-se que o SHDI aumenta à medida que o número de diferentes tipos de manchas aumenta e/ou a distribuição proporcional da área entre os tipos de patch torna-se mais equitativa. Assim, é possível observar que em 2016 há uma menor riqueza na paisagem, ou seja, ela se torna mais homogênea. Entre 2006 e 2016 há uma forte diminuição dos índices NDCA, corroborando com o índice de SHDI que informa a uniformidade da paisagem.

4.1.5 Análise de suscetibilidade a incêndios florestais e identificação de áreas de risco

Esta etapa teve como objetivo desenvolver uma proposta de zoneamento de suscetibilidade à ocorrência de incêndios para a UEI CIF e FORMOSA e sua área de influência direta (3 Km). Para tanto, foram utilizadas variáveis físicas associadas às fontes de ignição e aos fatores de ocorrência e propagação dos incêndios florestais.

Além do zoneamento de suscetibilidade a incêndio, foram elaborados mapas contendo as zonas de maior probabilidade de ocorrência de focos de calor. As metodologias propostas foram validadas com o uso das informações das áreas queimadas.

Na Tabela 9 estão dispostas as informações do banco de dados utilizados para essas análises.

Tabela 9. Banco de dados utilizados para análise de suscetibilidade a incêndios.

Dados	Fonte
Mapa de Uso e Ocupação do Solo (2016)	Realizado a partir de Imagem Landsat 8 ponto 221 órbita 71
Mapa de Vias e Rodovias	SEGETH (2017)
Curvas de nível	SEGETH (2017)

Fonte: Camelo (2018).

A metodologia, cujo detalhamento foi apresentado anteriormente, consistiu na elaboração de mapas de suscetibilidade a incêndios utilizando as seguintes variáveis de estudo: uso e ocupação do solo, estradas, declividade do terreno e orientação das encostas (RIBEIRO et al, 2008). Devido à variação altimétrica não ser tão expressiva na área de estudo, esse plano de informação não foi utilizado na análise.

As classes internas a cada fator foram padronizadas para uma escala comum de 0 a 10 pontos de acordo com o risco que oferecem para o início e propagação do fogo, sendo 0 (zero) para risco nulo e 10 (dez) para risco extremo.

Para essa etapa, o banco de dados utilizado, assim como as fontes estão dispostos na Tabela 10 abaixo:

Tabela 10. Banco de dados utilizados para análise de suscetibilidade a incêndios.

MAPA	FONTE
Uso do Solo	Imagem Landsat 8 pontoórbita 221/71. As classes utilizadas estão dispostas no Quadro 1.
Declividade e Aspecto	SEGETH (2017)
Limite Formosa	
Focos de Calor	INPE (Anos 1999 a 2016)
Cicatrizes de Áreas Queimadas	INPE (Anos 1999 a 2016)

Fonte: Camelo (2018).

Além do zoneamento realizado por meio do mapa de suscetibilidade a incêndios, foram propostas duas metodologias para identificação de zonas de maior probabilidade de ocorrência de focos de calor na área estudada. O primeiro método divide o retângulo envolvente da área de estudo em quatro retângulos, o que facilita a identificação por quadrantes. Posteriormente, é calculada a probabilidade de incidência de focos de calor determinar o quadrante de maior risco, conforme a equação já anteriormente descrita.

O segundo método proposto pretende determinar as zonas com maior probabilidade de focos de calor independente dos quadrantes. Para isso foram utilizadas as funções de densidade Kernel, cujos procedimentos já foram anteriormente descritos.

Para essa análise foram utilizados os dados espaciais dos focos de calor 2011 a 2015, uma vez que os dados das cicatrizes de área queimada são para esse período.

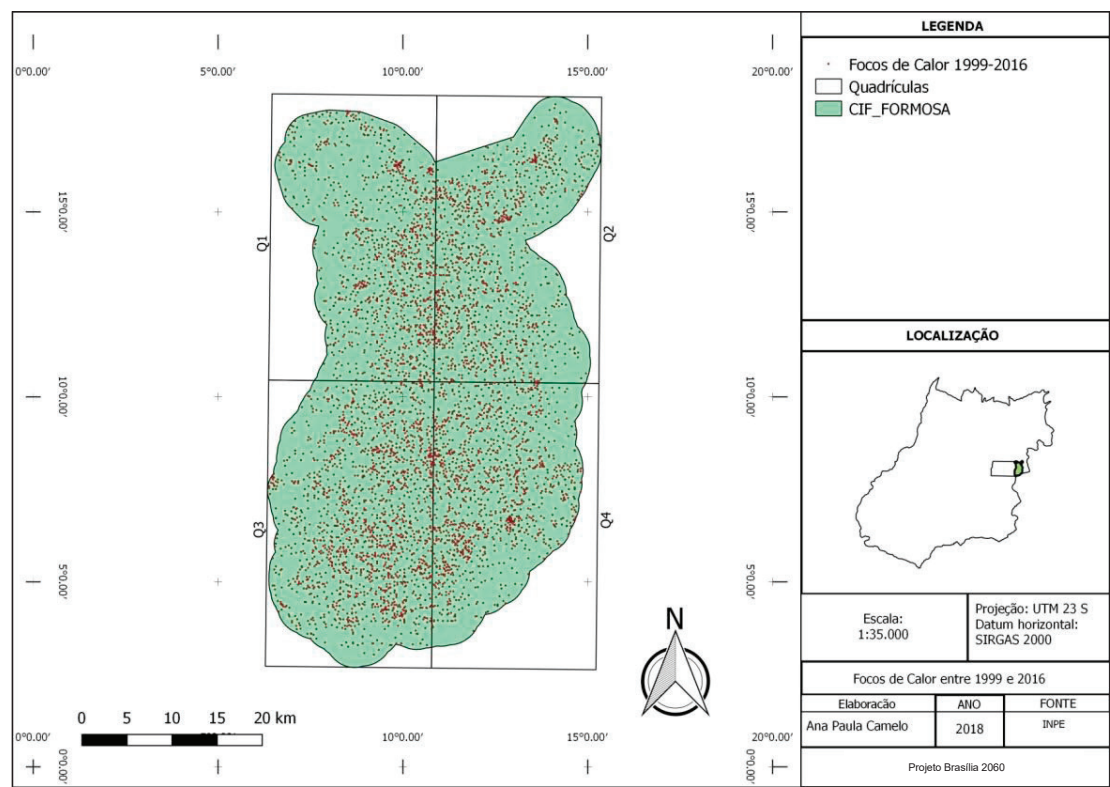
Para validar as duas metodologias propostas as cicatrizes de áreas queimada foram sobrepostas ao mapa gerado, de forma a validar a metodologia de análise de suscetibilidade.

Suscetibilidade a incêndios florestais – resultados

Em relação ao risco de incêndios no primeiro quadrante, ocorreram 1271 focos, no quadrante 2, 3 e 4 ocorreram 1353, 1977 e 1413 focos, respectivamente. Conforme também observado na análise de risco a incêndios na área da ESECAE e sua área de influência direta, observa-se a maior incidência no quadrante leste, nesse caso, esse quadrante possui 33% do total de focos de calor, conforme Mapa 4.

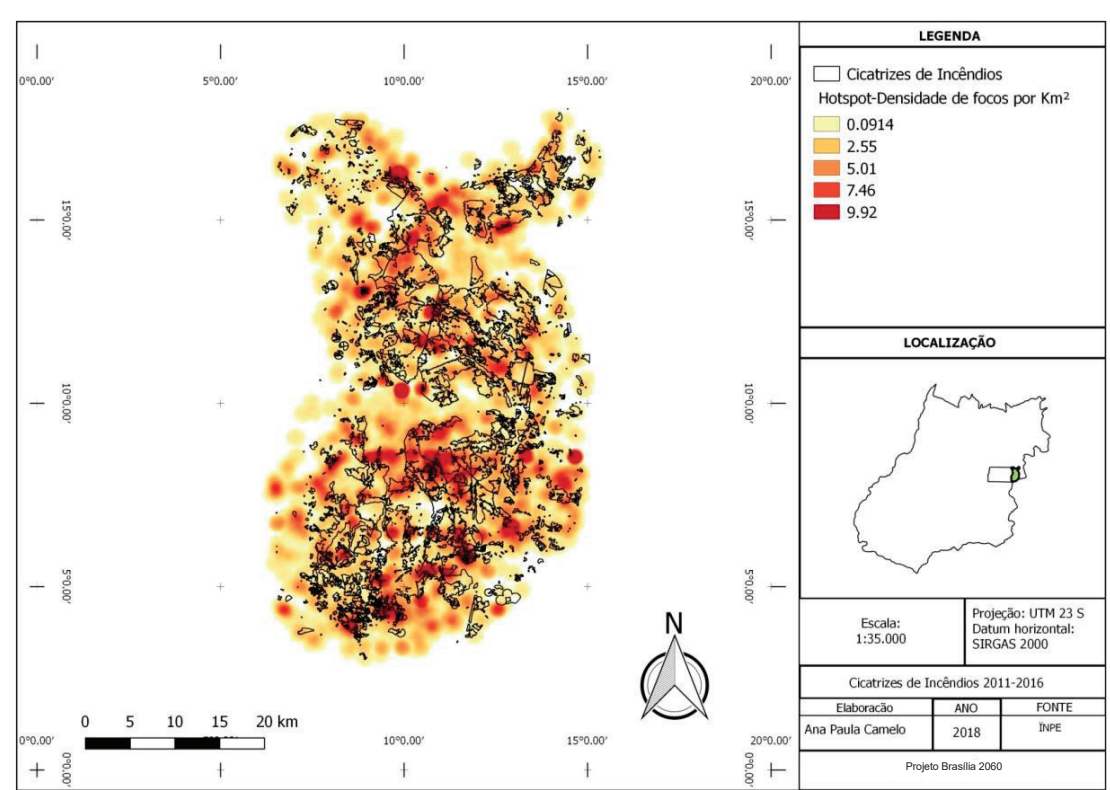
Os Mapas 5 e 6 gerados para cicatrizes e para a suscetibilidade do território a IFs demonstram, de um lado, um grau de disseminação e extensão das áreas afetadas no interior da CIF; por outro lado, observa-se no interior da CIF que as zonas centrais mais extensas com menor suscetibilidade do Mapa 6 correspondem também a uma zona menos marcada por cicatrizes.

Mapa 4. Focos de calor por quadrante Formosa, CIF e AID (1999 a 2016).



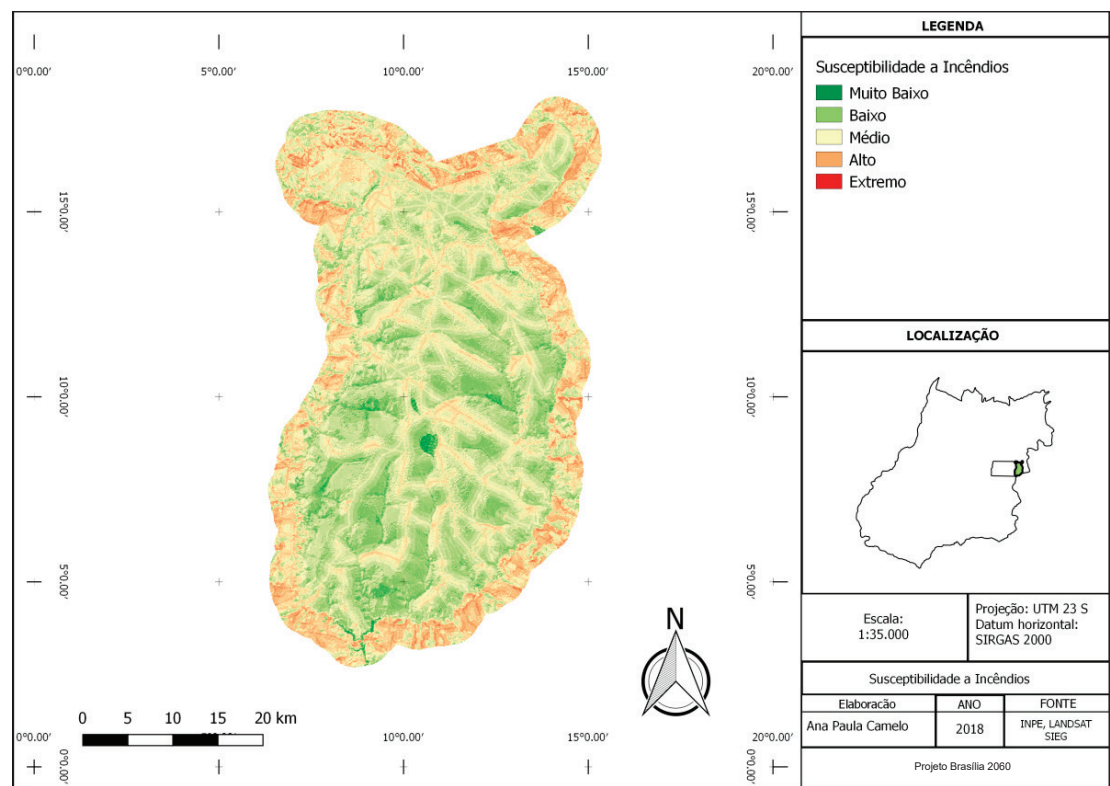
Fonte: Camelo (2018).

Mapa 5. Cicatrizes de incêndios Formosa, CIF e AID (2011 – 2016).



Fonte: Camelo (2018).

Mapa 6. Suscetibilidade a Incêndios Florestais – Formosa, CIF e AID.



Fonte: Camelo (2018).

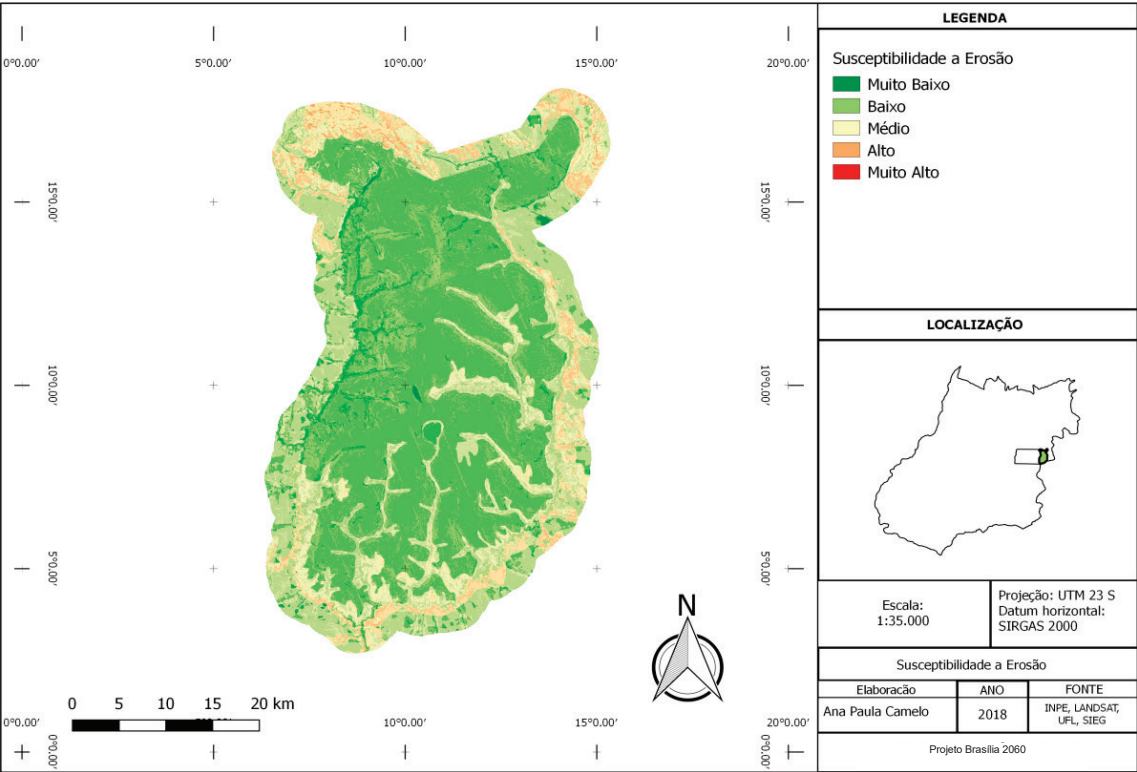
4.1.6 Identificação de zonas sujeitas à erosão

As perdas de solos por erosão são caracterizadas por meio de duas abordagens, a laminar, determinadas em função da relação da ocupação do solo e às condições naturais dos terrenos que são influenciadas pelas águas difusas da chuva, pela presença de cobertura vegetal, a intensidade topográfica e pelos tipos de solos que oferecem maior ou menor resistência à erosão; e também pela linear, caracterizada pela presença de escoamento superficial mais intenso, do qual a sua concentração resulta no surgimento de sulcos, ravinas e em voçorocas determinadas pelos tipos de cobertura pedológica (SALOMÃO, 2005, SANTOS; BAYER; CARVALHO, 2008) e pelo tipo de relevo.

O procedimento adotado para análise é baseado no mapeamento de variáveis por plano de informação e na definição do grau de influência de cada plano de informação e de cada um de seus componentes de legenda para a construção do resultado final (MOURA,2007), conforme já anteriormente descrito. Para cada plano de informação gerado atribuiu-se valores de influência de 0 a 100% e seus respectivos pesos em uma escala de 1 a 10 para cada classe definida, de acordo com as características físicas, antrópicas e a relevância de cada feição para ocorrência do processo erosivo da área estudada. O Mapa 7 de suscetibilidade à erosão foi gerado com uso de método multicritério aditivo, para o qual todos os procedimentos já foram apresentados em item metodológico.

Neste resultado de mapeamento fica evidenciado a baixa suscetibilidade no interior da CIF, ao contrário da zona norte da área de estudo de Formosa, que se apresenta como sujeita a maior suscetibilidade e com a maior extensão territorial, seguida da zona leste.

Mapa 7. Suscetibilidade à Erosão – Formosa, CIF E AID.



Fonte: Camelo (2018).

## 4.2 Águas Lindas de Goiás – Parque Estadual do Descoberto (PED)

Caio Dias

### Sobre o PED

O Parque Estadual do Descoberto visa dar condições de preservação à área que envolve a barragem do Descoberto, criada em 1974 para ofertar distribuição de água para irrigação no DF e em Goiás. A barragem que tem capacidade para armazenar 102,3hm3 de água abastece cerca de 60% da população do DF.

As propriedades originalmente definidas como agrícolas nos anos 60, como parte de um projeto de colonização e implantação de um cinturão verde para o DF, foram vendidas e parceladas, além de outras áreas invadidas, ocorrendo uma maior exploração do solo e dos recursos hídricos. A partir



dos anos 80, ficou evidenciado o problema do crescimento urbano nessas regiões e foram ativados meios para o controle da degradação ambiental (ICMBIO, 2014).

Tendo em conta a proteção ambiental, foi proposta a criação, em 1983, da Área de Proteção Ambiental Bacia do Descoberto com área de 39.100 ha — abrangendo o Distrito Federal e Goiás — para salvaguardar a Bacia do Rio Descoberto e a sua represa. Parte da área da APA incorpora outras unidades: a Floresta Nacional de Brasília (8.411 ha), a Reserva Biológica do Descoberto (434,5 ha), o Parque Ecológico Veredinha (29ha) e o Parque Estadual do Descoberto (1.935,6 ha).

Nesse contexto, o presente estudo abordará questões referentes ao Parque Estadual do Descoberto (PED), instituído a partir do Decreto nº 6.188 de 30 junho de 2005, localizado em Águas Lindas, um município do estado do Goiás. Devido à sua localização, o PED é administrado pela Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Goiás, pela Superintendência de Unidade de Conservação, Gerência de Áreas Protegidas. A criação do PED visa preservar as nascentes, os mananciais, a flora e fauna, as belezas cênicas, além de controlar a ocupação do solo na região, de forma a harmonizar a proteção da fauna, da flora e das belezas naturais com a utilização para fins científicos, técnicos e sociais (ICMBIO, 2014).

### ***Dados e metodologias específicas***

O levantamento, tratamento e organização dos dados geoespaciais sobre o PED tiveram início com a aquisição da poligonal do PED que é disponibilizada no site do Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás – SIEG. Em posse da poligonal, foi gerado raio de 3 quilômetros, delimitando a Área de Influência Direta – AID do PED.

O portal online do United States Survey Geological Survey (USGS) disponibiliza imagens de diversos satélites e sensores de variadas datas que podem ser baixadas e utilizadas gratuitamente, dependendo apenas de um cadastro no portal. Para o presente estudo, foram utilizadas imagens do sensor LANDSAT-5 dos anos de 1986, 1996, 2006 e LANDSAT-8 para o ano de 2016 para a geração dos mapas multitemporais de uso e ocupação do solo.

As informações de focos de queimadas que ocorreram na área do PED e sua AID nos anos de 2011, 2013, 2014, 2015 e 2016 foram adquiridas no Banco de Dados de Queimadas que reúne os dados de diversos sensores e é disponibilizado no portal online do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Dispondo dos arquivos vetoriais georreferenciados, o software ArcGIS 10.6 foi utilizado para organizar esses arquivos em um Banco de Dados Espacial. Todos os dados (vetoriais e raster) foram adequados a um sistema de projeção geográfica, cuja função é transformar as coordenadas geográficas, a partir de uma superfície esférica (elipsoidal), em coordenadas planas, mantendo correspondência entre elas. O sistema SIRGAS 2000 foi escolhido por ser o sistema de referência oficial adotado pelo Brasil (IBGE, 2005). Dentro desse sistema, a zona UTM 23 Sul comporta a maior parte da área do PED, tornando-se padrão para todos os arquivos geoprocessados.

Não foram encontrados dados de declividade oficiais do estado do Goiás no site do SIEG. Os únicos dados topográficos encontrados foram as imagens *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) e essas têm pixels de 90 metros, podendo ser processadas até uma precisão de 30 metros, o que não oferece um detalhamento satisfatório para os estudos na escala do projeto. Dados topográficos são necessários para a produção da declividade, de direções de vertentes, curvas de nível, entre outros. Além disso, a base cartográfica de solos existente para download gratuito (no site da SIEG) está na



escala 1:100.000 e também não fornece o detalhamento necessário para análises, visto que a área de estudo é muito pequena em comparação com a escala. Devido a esses fatos, não foi possível realizar os mapas de suscetibilidade à erosão e suscetibilidade a incêndio florestal.

4.2.1 Análise do uso do solo e de persistência da paisagem

A metodologia adotada para analisar o insulamento do PED e da sua AID foi baseada na realização de estudo da persistência da paisagem. O processo de insulamento da Unidade de Conservação foi analisado por meio da quantificação de mudanças do uso do solo. Para a realização dessas análises, utilizaram-se as imagens adquiridas no site da USGS dos sensores Landsat 5 TM e órbita 221, ponto 71 para os anos 1986, 1996 e 2006 nos períodos da seca e Landsat 8 OLI órbita 221, ponto 71 para o ano de 2016 nos meses de setembro, período seco em que ocorre a menor incidência de nuvens, imagens estas utilizadas para a classificação do uso do solo da área do PED e de sua AID. Os demais procedimentos de classificação já foram anteriormente descritos para o caso do PNB, tendo em vista alcançar o melhor desempenho na classificação das imagens.

Os melhores resultados encontrados foram obtidos com o algoritmo de segmentação de borda em nível de escala de 30% e com o algoritmo de fusão (merge) “full lambda schedule” em nível de 8%.

Após a segmentação da imagem ser realizada pelo software, foi feita a identificação das classes de uso do solo em cinco classes, conforme descrito na Quadro 1. Optou-se, devido aos desdobramentos do trabalho, pela fusão das classes naturais florestais e campestres.

Quadro 1. Classificação do uso do solo no PED e AID.

Nome da Classe	Descrição
Agrícola	Uso do solo referente às atividades pecuárias e agrícolas.
Urbano	Uso do solo referente às atividades urbanas
Natural	Uso do solo referente às fitofisionomias de Campestres – Campo Sujo, Campo Rupestre e Campo Limpo Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral/Buritizal e Vereda Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão.
Água	Corpos Hídricos

Fonte: Dias (2018).

Nessa etapa, foram realizadas as determinações da quantificação da classe “Urbano” desses usos para a análise das mudanças e quantificações ao longo dos anos.

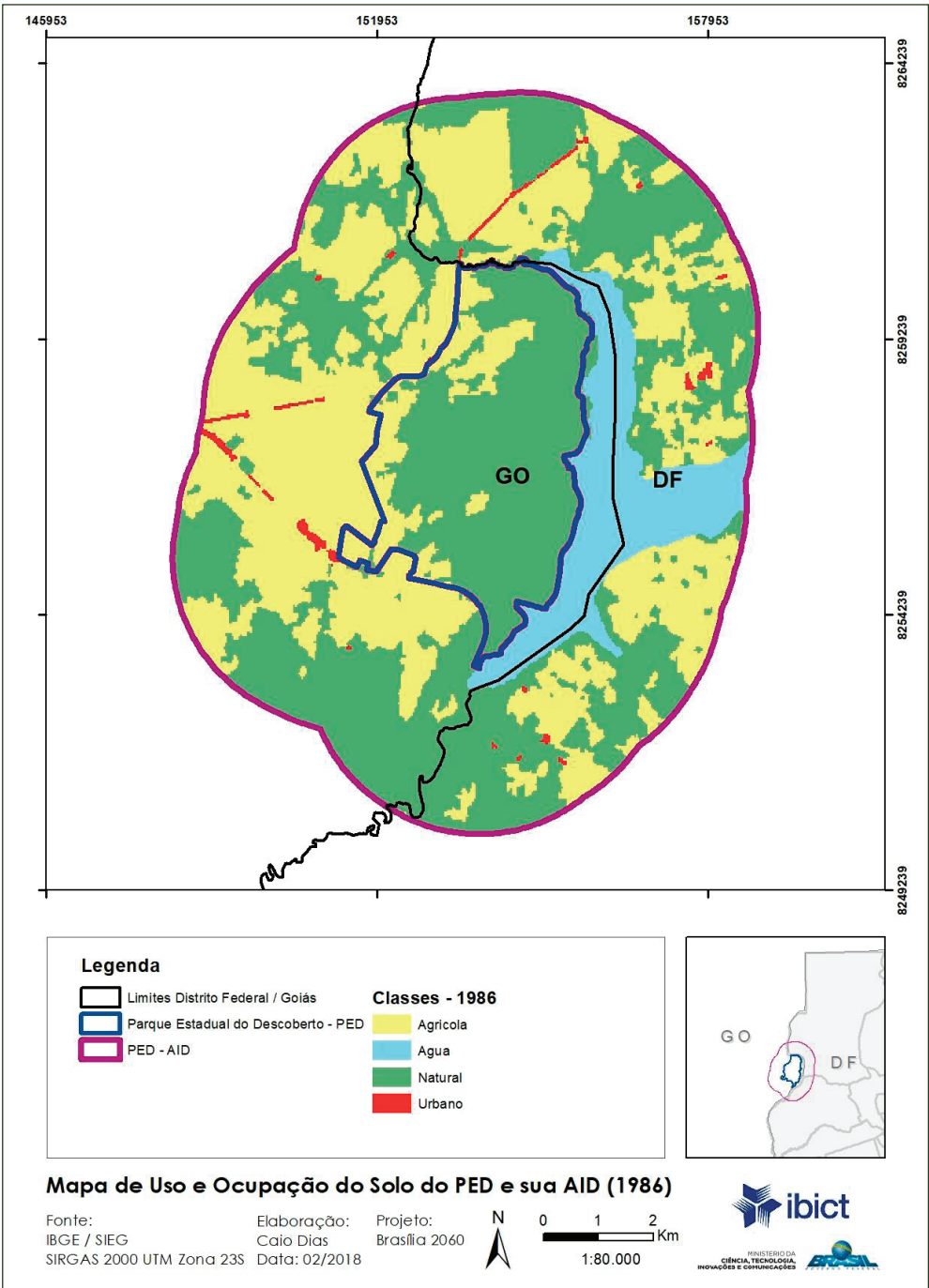
As classificações do uso do solo do PED e sua AID nos anos de 1986, 1996, 2006 e 2016 deram origem a mapeamentos específicos e a partir dessas imagens LANDSAT foram geradas as análises de transições do uso do solo de 10 em 10 anos, 1986-1996, 1996 -2006 e 2016-2006, em 20 anos 1986-2006 e 1996-2016, e ainda em 30 anos 1986-2016, através do software ArcGIS 10.6 por meio da ferramenta “Combine”.

Uso do solo e persistência da paisagem – resultados

Os Mapas 1 e 2, de 1986 e de 2016, foram selecionados para demonstrar a evolução das mudanças no uso do solo. As taxas de transição descritas determinam a quantidade líquida de mudanças

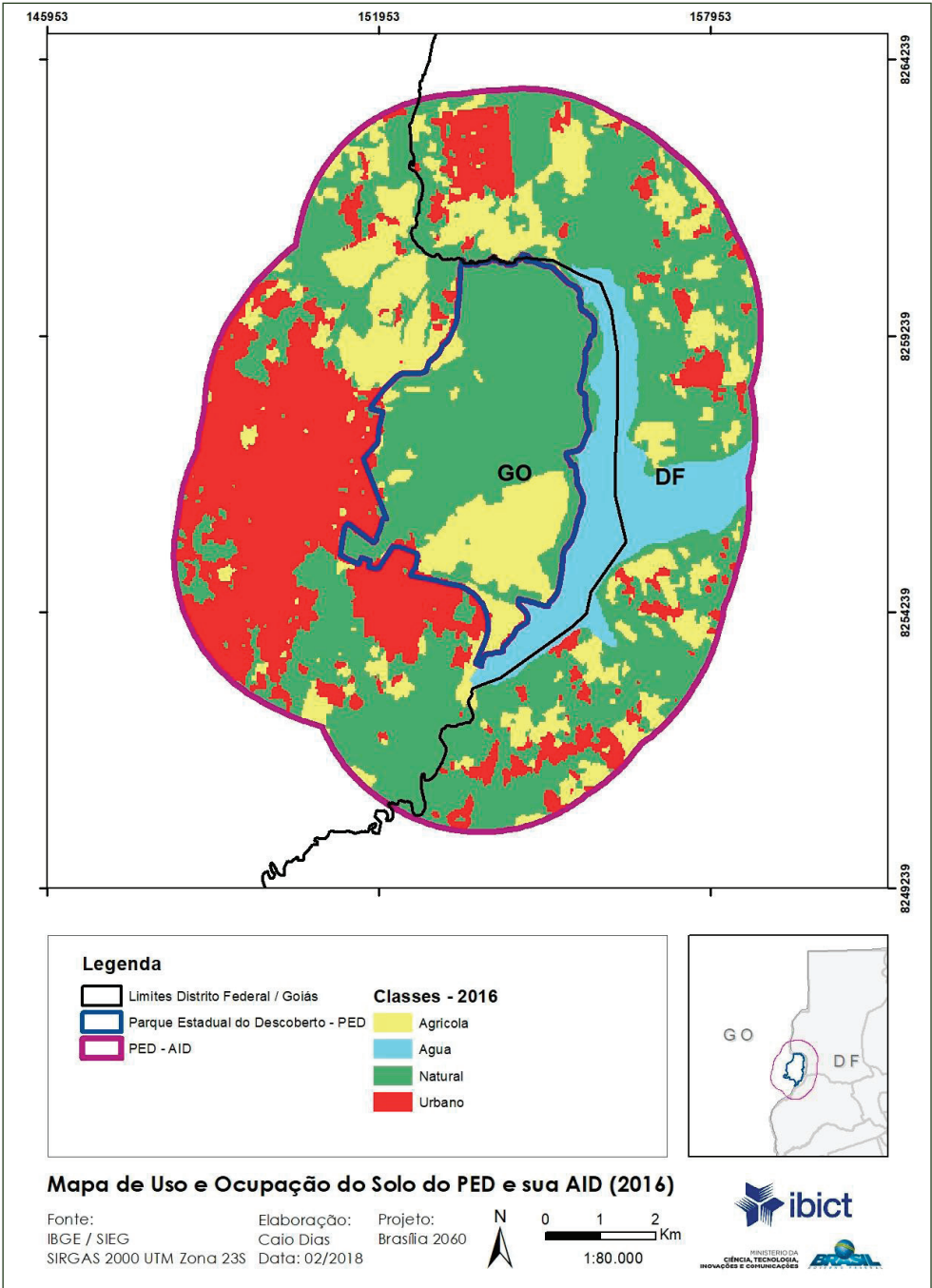
entre as classes. A persistência das classes durante todo o período estudado foi calculada através de álgebra de mapas para os períodos 1986-1996, 1986-2006, 1986-2016, 1996-2006, 1996-2016, 2006-2016, para tanto, quando apresentaram mudanças entre as classes no uso do solo, essas foram diferentes de zero. Para cada intervalo temporal foi gerado um mapeamento das áreas que persistiram inalteradas e das alteradas. Para efeito deste relato condensado, pode ser observado o resultado do período integral entre 1986-2016 no Mapa 3.

Mapa 1. Uso do solo PED e AID – 1986.



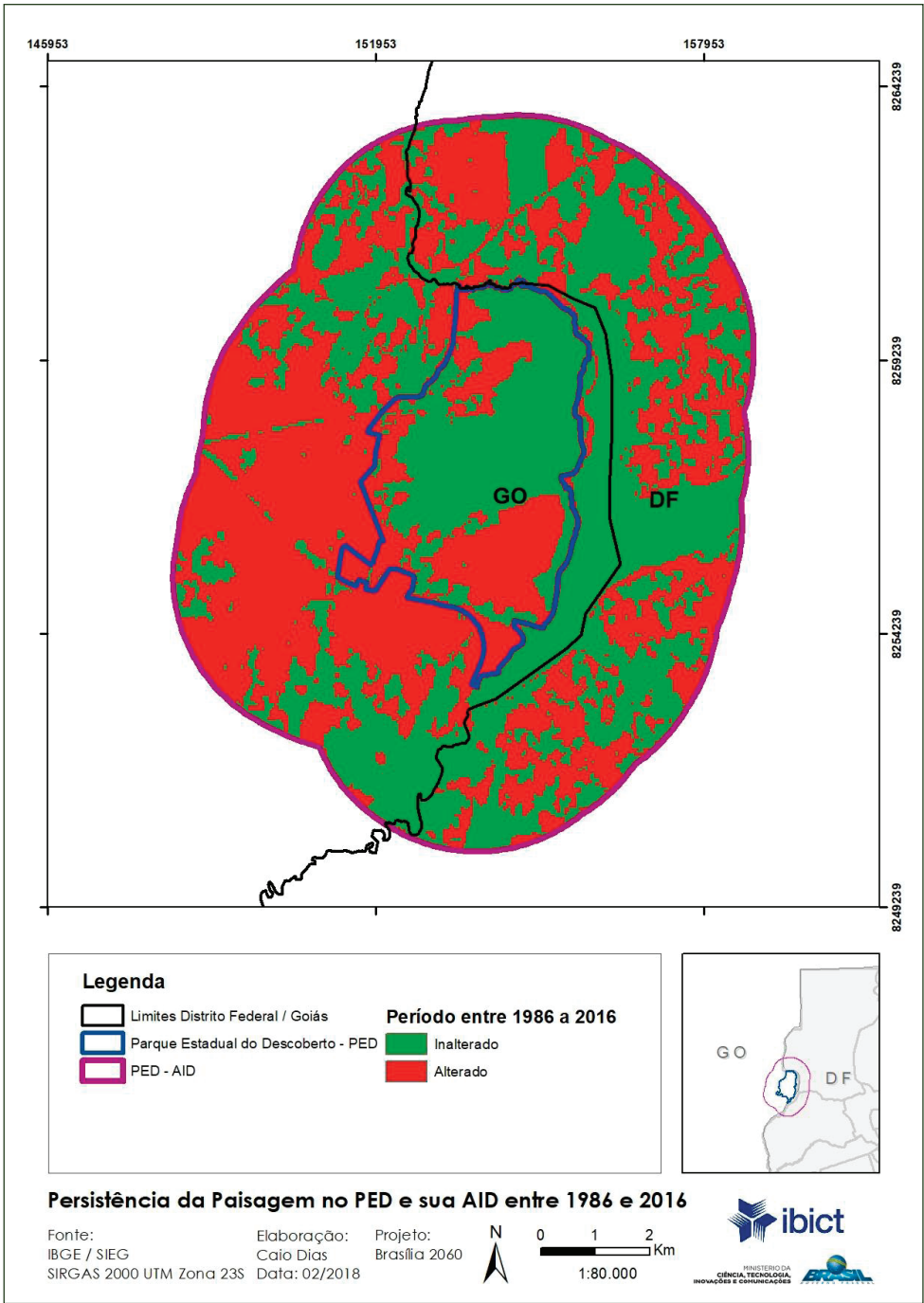
Fonte: Dias (2018).

Mapa 2. Uso do solo – PED e AID – 2016.



Fonte: Dias (2018).

Mapa 3. Persistência da Paisagem – PED e AID (1986-2016).



Fonte: Dias (2018).

4.2.2 Crescimento de área urbana na AID do PED

O resultado da análise dos dados oficiais de área urbana na AID pode ser visualizado no Mapa 4, o qual apresenta as áreas de crescimento urbano na AID para cada ano de estudo. Além disso, na Tabela 1, abaixo, são descritos tais valores de áreas em hectares.

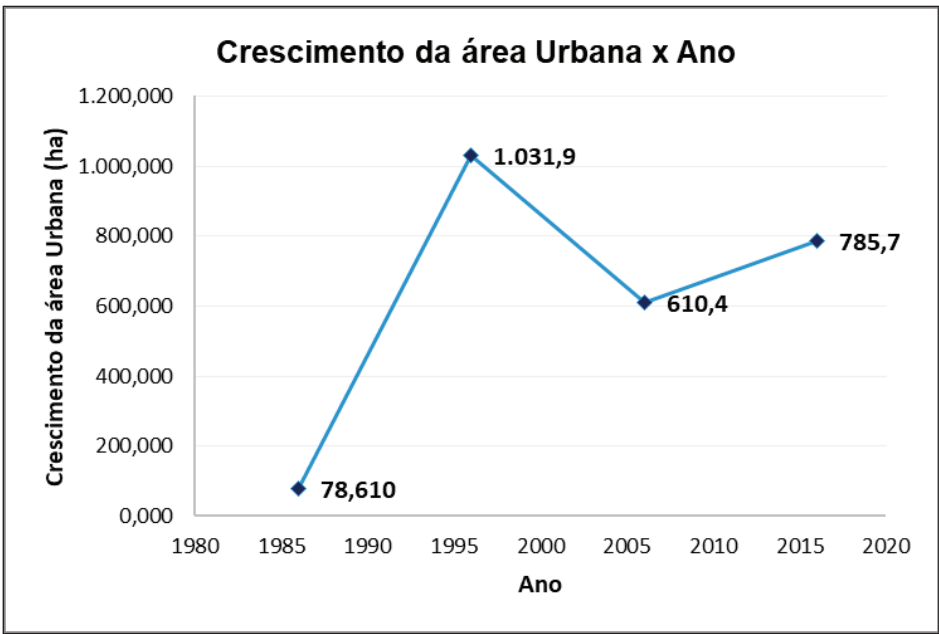
Tabela 1. Crescimento da Área Urbana na AID a cada ano (ha).

Ano	Crescimento de área urbana na AID (ha)
1986	0
1986-1996	1.031,9
1996-2006	610,4
2006-2016	785,7

Fonte: Dias (2018).

Nota-se que no período de 1986 a 1996 e entre os anos de 1996 e 2016 ocorreram os maiores crescimentos absolutos em área urbana na AID, ou seja, desde o incentivo inicial da ocupação nas proximidades, os primeiros 20 anos foram os que apresentaram maior crescimento urbano, como pode ser facilmente percebido pelos picos na Figura 1.

Figura 1. Crescimento da área urbana (ha) por ano.



Fonte: Dias (2018).

Em relação aos índices de análise do crescimento urbano, obtiveram-se os resultados descritos na Tabela 2.

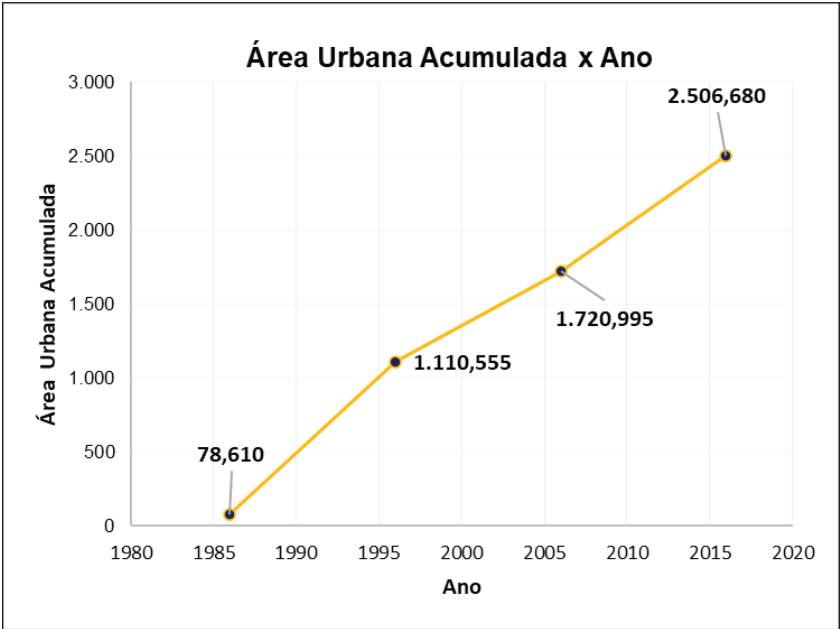
Tabela 2. índices de análise do crescimento urbano.

Ano	AUA	TIP	CAA	TIMA
1986	78,610	-	-	-
1996	1.110,555	1312,74%	41,17%	131,27%
2006	1.720,995	54,97%	24,35%	5,50%
2016	2.506,680	45,65%	31,34%	4,57%

Fonte: Dias (2018).

A área urbana acumulada (AUA) de cada ano representa o total de área urbana na AID no respectivo ano. Visualizando esses dados graficamente, é possível ver a variação do crescimento urbano conforme os anos.

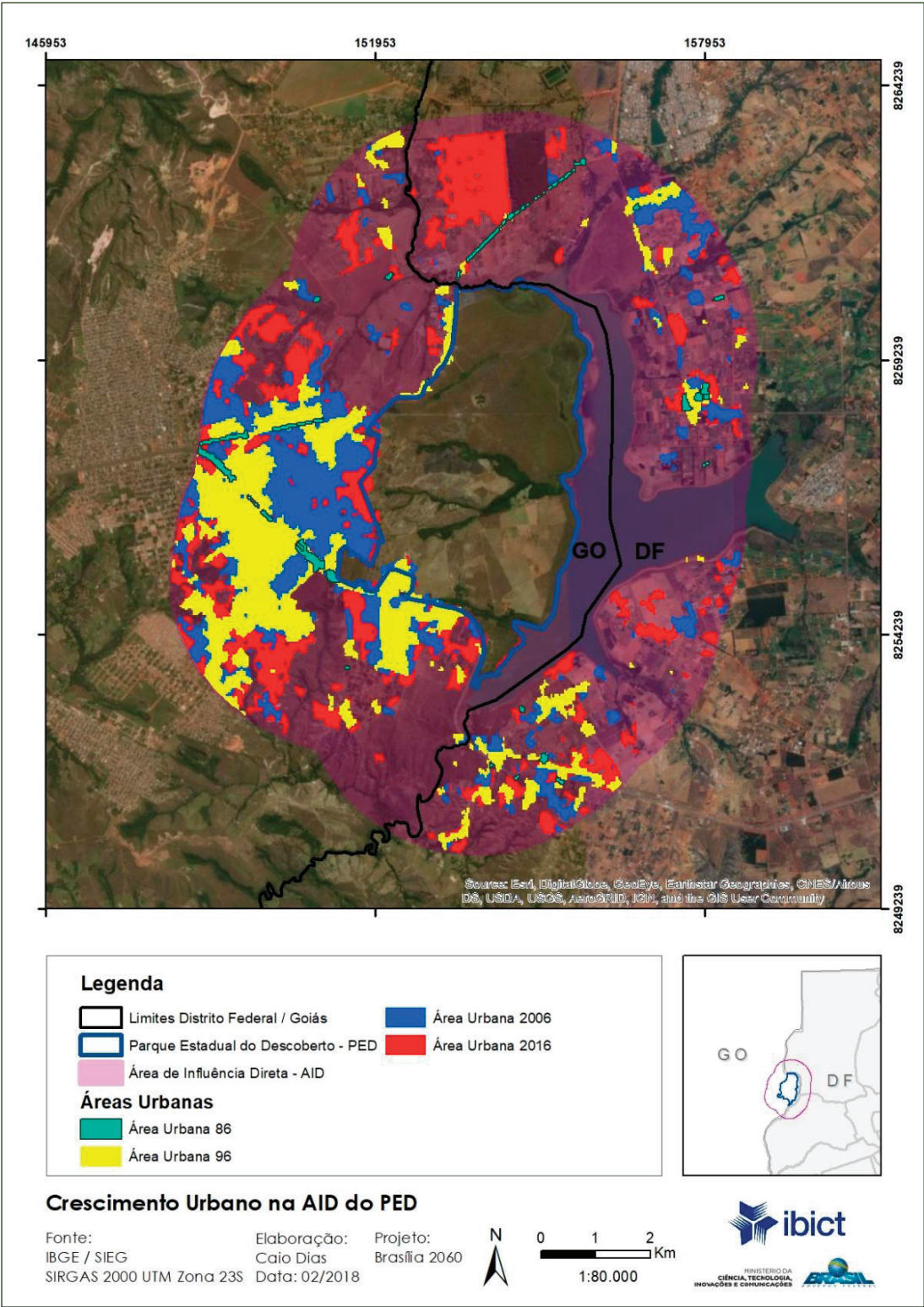
Figura 2. Área urbana acumulado por Ano.



Fonte: Dias (2018).



Mapa 4. Crescimento de área urbana na AID do PED – Águas Lindas (Go) e DF – 1986-2016.

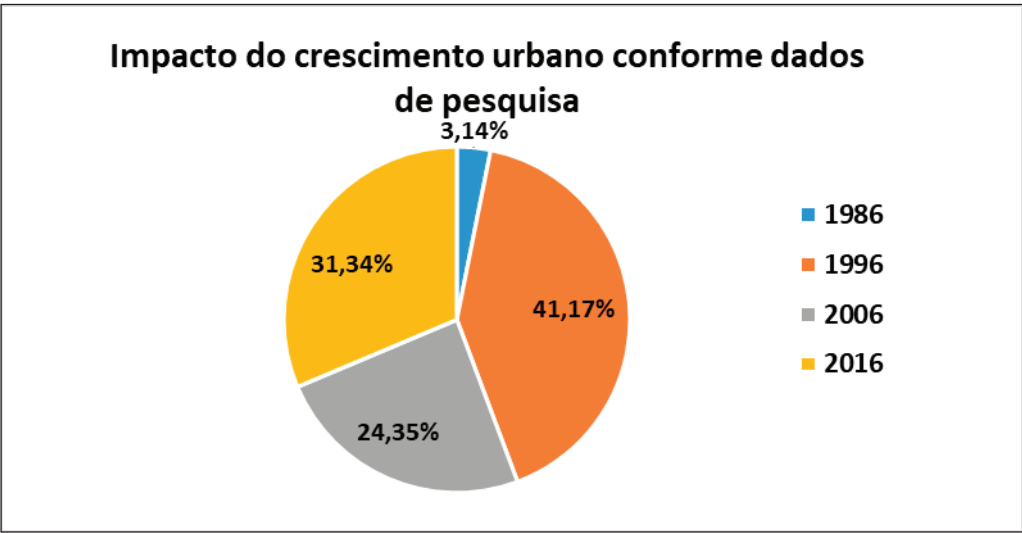


Fonte: Dias (2018).

A taxa de incremento periódica (TIP) entre os anos de 1996 e 2006 apresentou o maior valor de TIP, correspondente a 1.312,74%, justamente no período em que ocorreu maior crescimento absoluto igual a 1.031,9 há.

A CAA nos mostra o quanto o crescimento de cada ano impactou no total de área urbana atual na AID, no caso, para o ano de 2016. Na Figura 3, fica clara a influência do crescimento urbano entre os anos de 1986 e 1996 na área urbana total, ou seja, a área urbana acumulada até o ano de 2016.

**Figura 3.** Impacto do crescimento urbano proporcional conforme fontes pesquisadas.

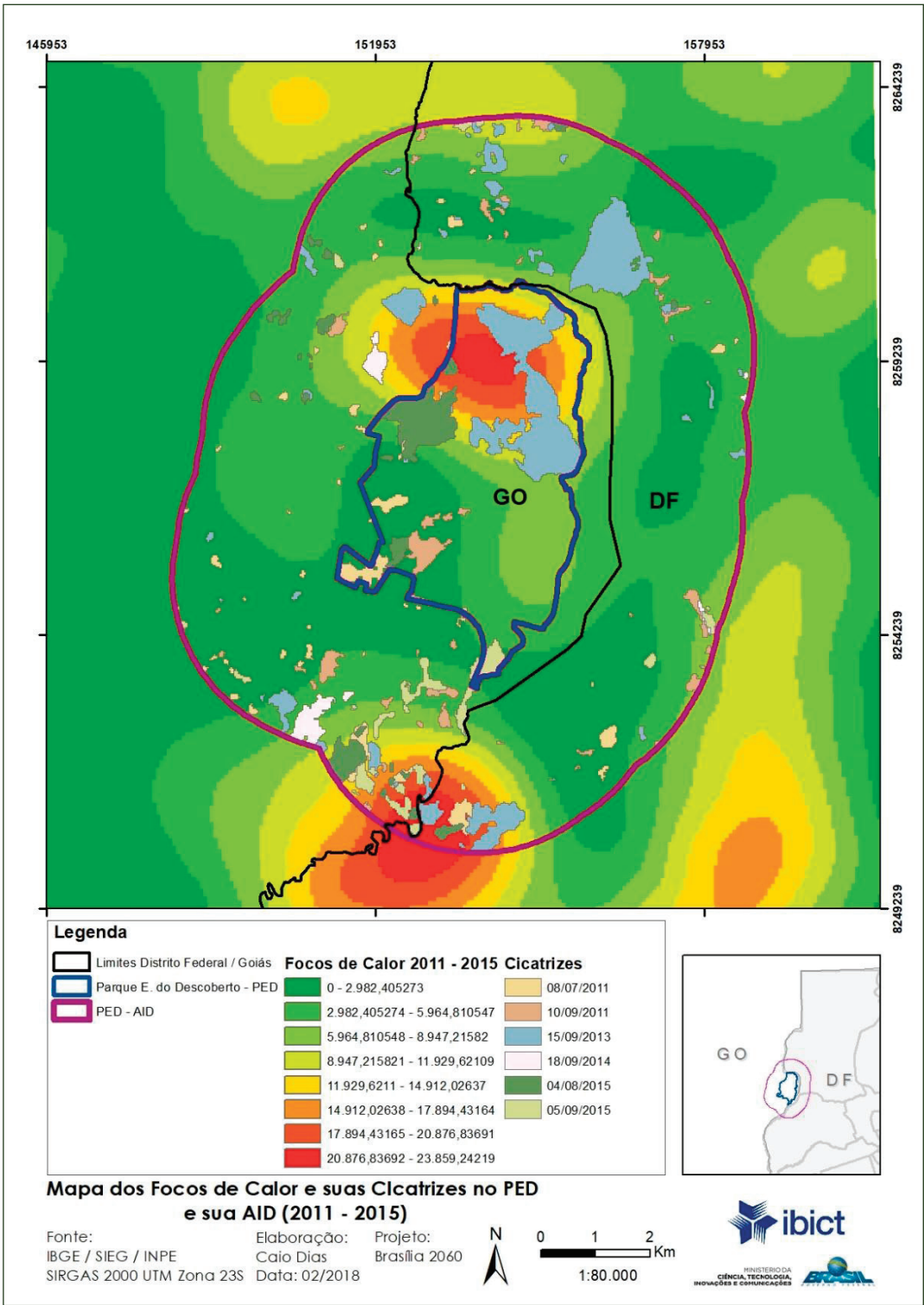


Fonte: Dias (2018).

**4.2.3 Mapa de focos de calor e cicatrizes AID e PED – indicações para análise de suscetibilidade a IF e áreas de risco**

Considerando as dificuldades de acesso a dados sobre o território do PED, foi elaborada uma etapa que remete às áreas de recorrência de Incêndios Florestais (IF), cujo resultado é o mapeamento dos dados disponíveis no site de Queimadas do INPE para o período entre 2011 e 2015. Apesar do recorte de análise prejudicado, o Mapa 5 de focos de calor representa as áreas com maior ocorrência de focos de calor, que estão diretamente correlacionadas com os dados de cicatrizes de queimada do INPE, validando assim a análise e utilização dos registros de focos de calor, com destaque da zona Norte do PED, pela maior incidência de focos e cicatrizes, para o ano de 2013 e em zona de contato do PED com área de ocupação agrícola, conforme Mapa 2 de Uso do solo de 2016.

Mapa 5. Focos de Calor e cicatrizes no PED e AID – 2011-2015.



Fonte: Dias (2018).

4.3 Valparaíso de Goiás

Bruno Nakagomi

O município de Valparaíso de Goiás, às margens da BR 040, foi criado pela Lei estadual nº 12.667 de 1995, conquistando autonomia de Luziânia. A análise espaço-temporal realizada dá destaque para a expansão urbana, traço principal da ocupação territorial. Tendo-se em conta a inexistência de áreas protegidas, exceto APP, é significativo também o quadro de alterações da cobertura vegetal. O período analisado abarca a situação anterior à fundação do município, cuja população, em 2018, foi estimada pelo IBGE em mais de 164.000 habitantes, com densidade demográfica de 2.165,48 hab/km² (IBGE, 2018; Valparaíso de Goiás, 2019).

4.3.1 Análise do uso do solo e resultados

A análise do uso do solo para o município de Valparaíso de Goiás/GO e sua área de influência direta, poligonal de três quilômetros ao redor do limite do município constante no Mapa 1, utilizou a mesma metodologia aplicada à AID do Mosaico da EEJBB, entretanto a classe “reflorestamento” não foi identificada dentro da área de estudo, sendo assim retirada. A Tabela 1 ilustra os dados de área para a classificação.

A escolha do mesmo período de 1986 a 2016 tem como justificativa a coerência da metodologia desenvolvida dentro do projeto de pesquisa para as áreas em estudo.

Tabela 1. Uso do Solo para a área de estudo de Valparaíso de Goiás.

Classe	Área (Hectare) / Ano			
	1986	1996	2006	2016
Água	4	3	14	18
Área Urbana	5.302	6.417	6.574	6.962
Área Agrícola	7.113	7.182	6.919	5.623
Vegetação Natural	6.527	5.356	5.495	6.363

Fonte: Nakagomi (2018).

A variação das áreas dos usos do solo também foi feita para os intervalos selecionados, conforme Tabela 2. Note-se que a área de vegetação natural expandiu em relação ao primeiro decênio, assim como a área urbana, em detrimento da área agrícola. Esses dados merecem análise futura mais acurada com outras fontes, em imagens de maior resolução. Para efeito deste relato de divulgação, apresentam-se os resultados da análise nos Mapas 2 e 3 de uso do solo para os anos de 1986 e 2016.

Tabela 2. Variação do uso para a AE do município de Valparaíso de Goiás para os intervalos selecionados.

Classe	Variação em % 1986 – 1996	Variação em % 1996 – 2006	Variação em % 2006 – 2016	Variação em % 1986 – 2016
Água	- 21 %	418 %	26 %	417 %
Área Urbana	21 %	2 %	6 %	31 %
Área Agrícola	1 %	- 4 %	- 19 %	- 21 %
Vegetação Natural	- 18 %	3 %	16 %	- 3 %

Fonte: Nakagomi (2018).



4.3.2 Transformações da paisagem – análise da persistência e resultados

O estudo da persistência da paisagem, conforme Tabela 3, permitiu calcular a porcentagem de alteração do uso do solo de acordo com cada intervalo. Entre os 70% de área inalterada, no longo prazo, está a mancha urbana mensurada até os anos de 1986, que tende à expansão de suas bordas. Esse traço da paisagem é apresentado na análise quantitativa e respectivo mapeamento do crescimento urbano. Note-se que para cada decênio foi gerado um mapeamento das áreas que persistiram inalteradas e das alteradas. Para efeito deste relato condensado apresenta-se o resultado do Mapa 4, que contém análise do período integral entre 1986 e 2016.

Tabela 3. Persistência da paisagem de acordo com os períodos estudados.

Período	Área inalterada (%)	Área alterada (%)
1986 – 1996	80	20
1996 – 2006	85	15
2006 – 2016	82	18
1986 – 2016	70	30

Fonte: Nakagomi (2018).

4.3.3 Crescimento urbano na área de estudo de Valparaíso de Goiás – análise e resultados

A Tabela 4 ilustra os dados obtidos por meio da mesma metodologia utilizada anteriormente para a AID do Mosaico da EEJBB e estão ilustrados também no Mapa 5 de crescimento urbano do período de 1986 a 2016.

Tabela 4. Métricas de crescimento urbano para a AE do município de Valparaíso de Goiás.

Ano	Área (Hectare)	Área Urbana Acumulada (AUA)	Taxa de Incremento Periódica (TIP)	Taxa de Incremento Periódica Acumulada (TIPAc)	Taxa de Incremento Médio Anual (TIMA)
1986	5.302	5.302	-	-	-
1996	1.115	6.417	1,21029800	0,21029800	0,12102980
2006	157	6.574	1,02446626	0,02961147	0,10244663
2016	388	6.962	1,05902038	0,07317993	0,10590204

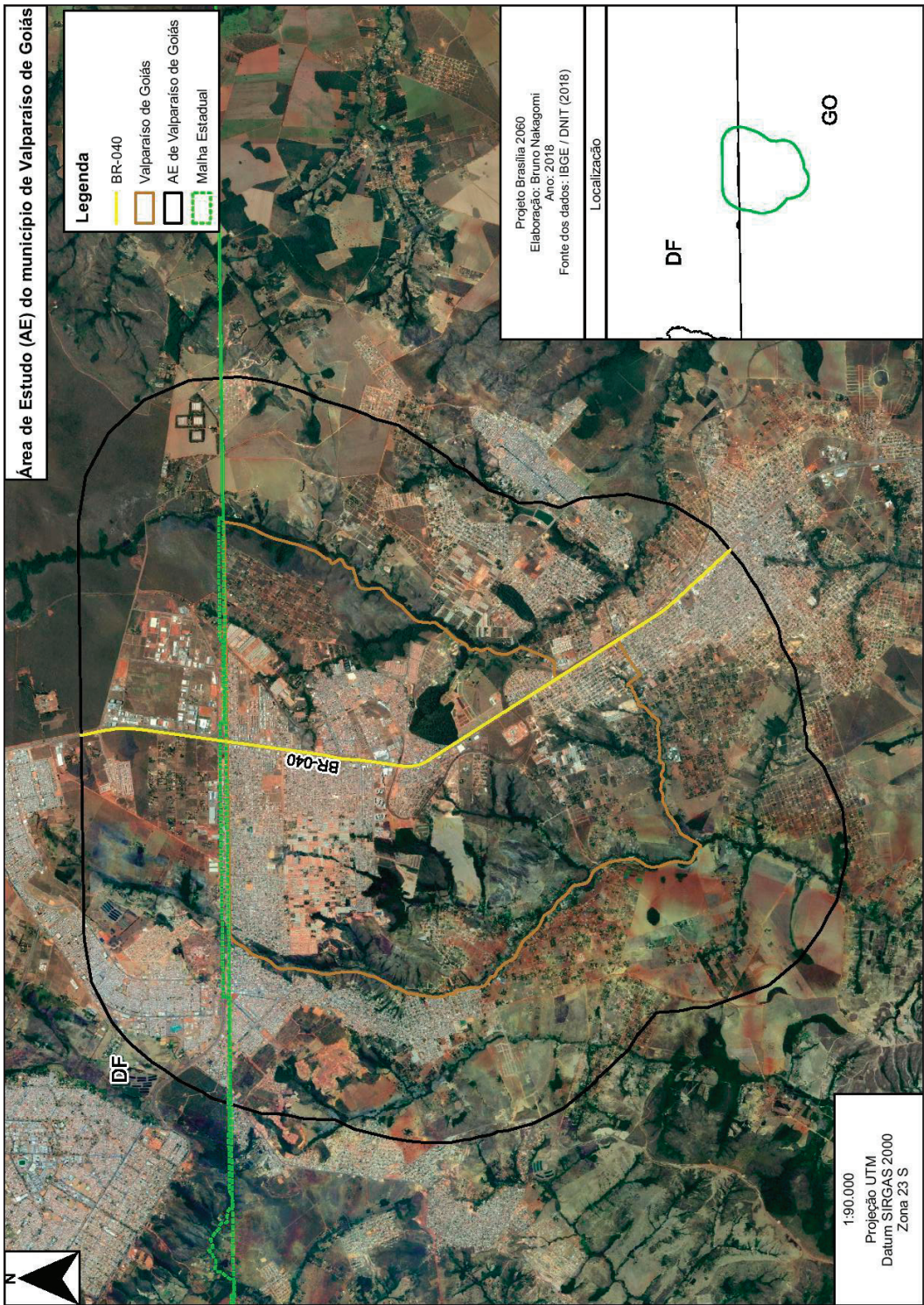
Fonte: Nakagomi (2018).

Partindo dos dados mencionados e analisando os mapas de uso do solo produzidos ao longo do período de estudo, nota-se uma mudança do uso do solo das classes agrícola e vegetação natural para a classe urbana. A classe água demonstra crescimento devido à identificação da Estação de Tratamento de Esgoto de Santa Maria/DF, implantada antes de 1996, na região noroeste da área de influência direta, e à identificação do lago na entrada da Cidade Ocidental pela melhora do sensor do satélite *LandSat 8* usado na classificação para 2016. A taxa se mostra bem elevada devido à proporcionalidade, pois a área inicial é pequena.

A análise do uso do solo permitiu visualizar a mudança principal da classe agrícola para urbana, em que regiões de chácara, consideradas áreas rurais, ao longo do tempo sofreram parcelamentos e foram transformadas em áreas urbanas. Esse crescimento é visível na direção Sul ao longo da rodovia BR-040 e em áreas de chácaras mais afastadas da rodovia, mas que já estão em processo de urbanização.

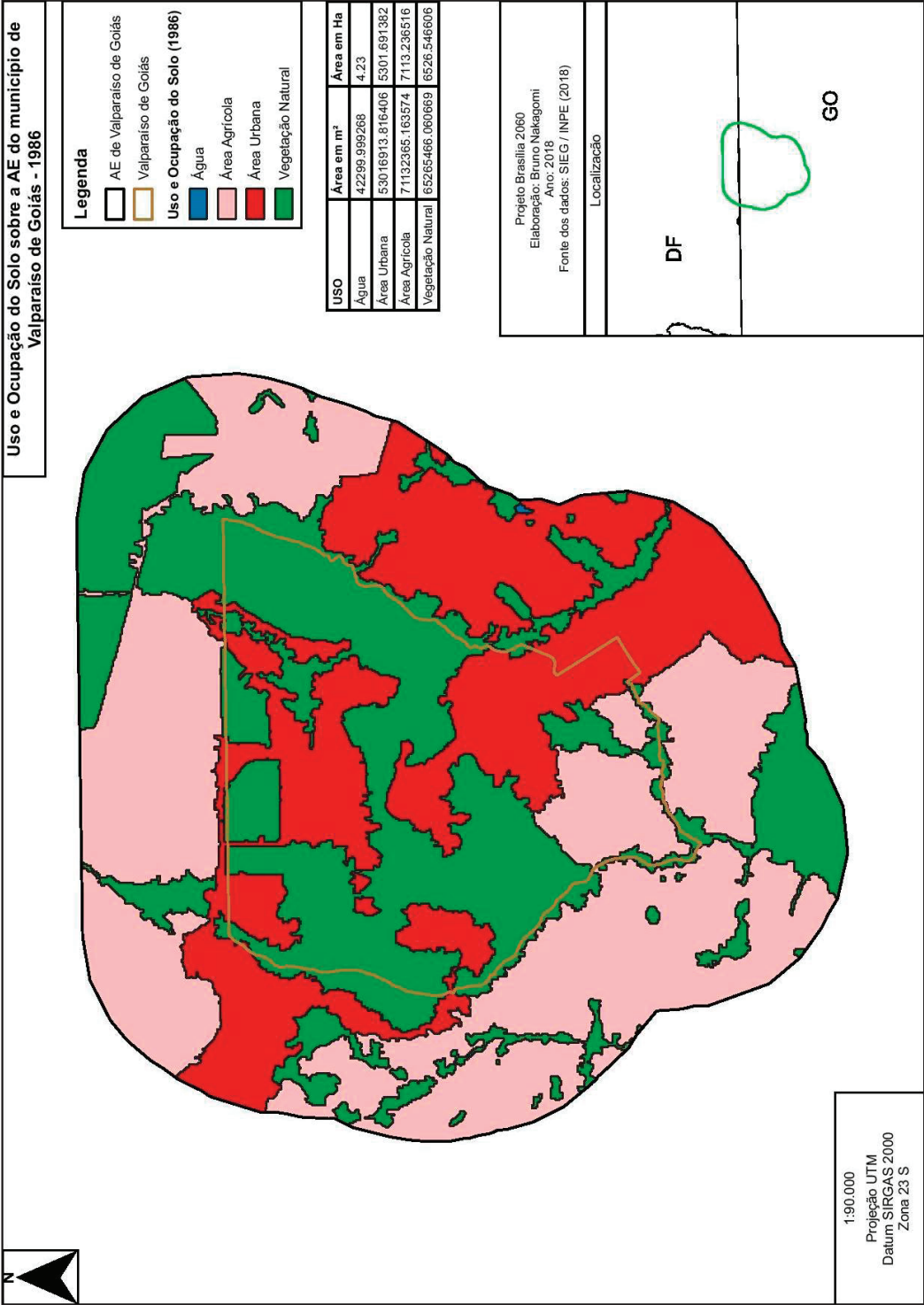
A situação de contágio da expansão urbana em torno dos núcleos identificados em 1986 expressa duas tendências: a relação com a rodovia como principal elemento indutor do adensamento e a pressão exercida sobre a zona agrícola nos limites do DF, gradativamente envolvida, conforme se visualiza nos Mapas de uso do Solo 1 e 2, de 1986 e 2016.

Mapa 1. Valparaíso de Goiás e AID.





Mapa 2. Uso do Solo – Valparaíso de Goiás e AID – 1986.



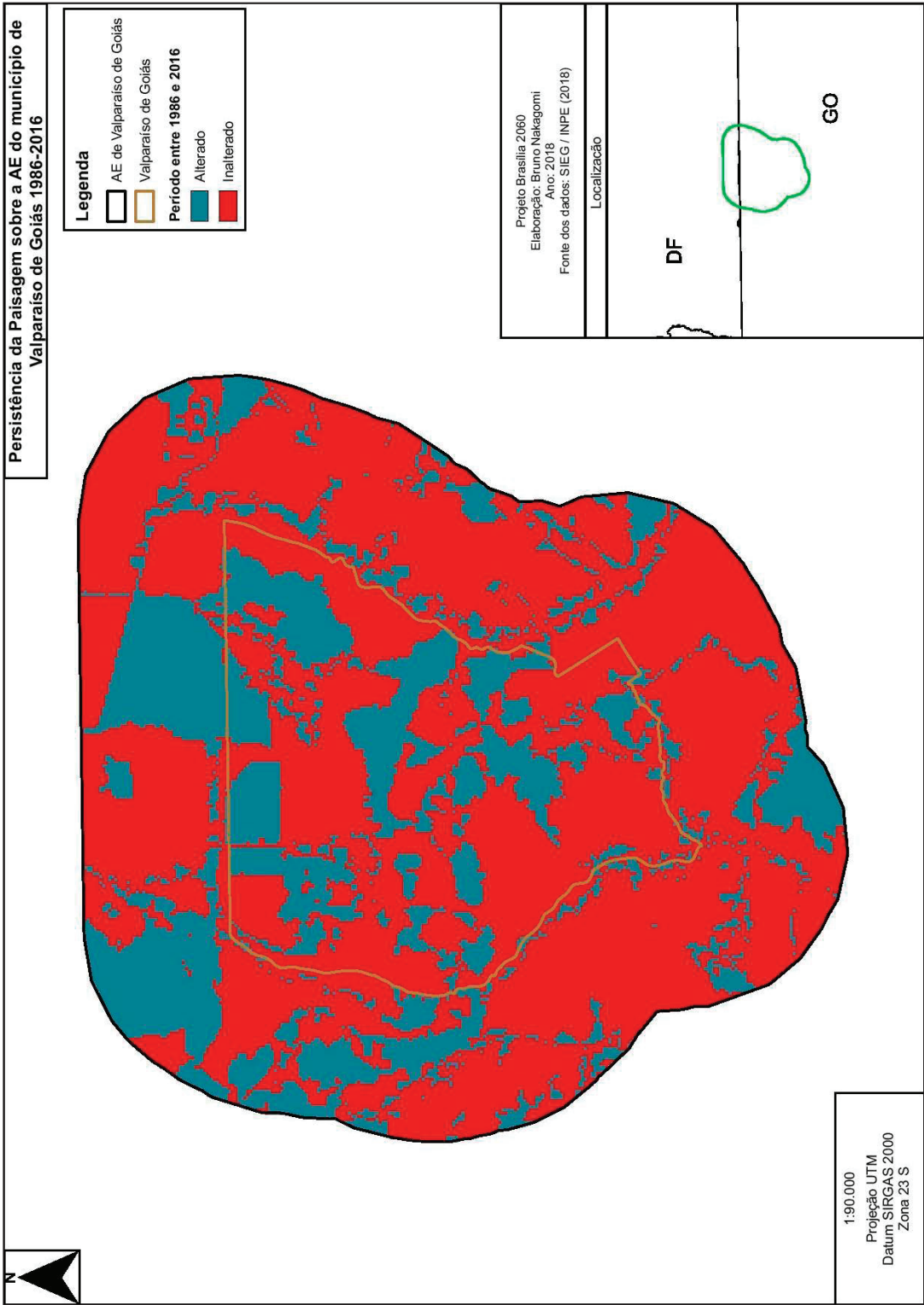
Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 3. Uso do solo – Valparaíso de Goiás e AID 2016.



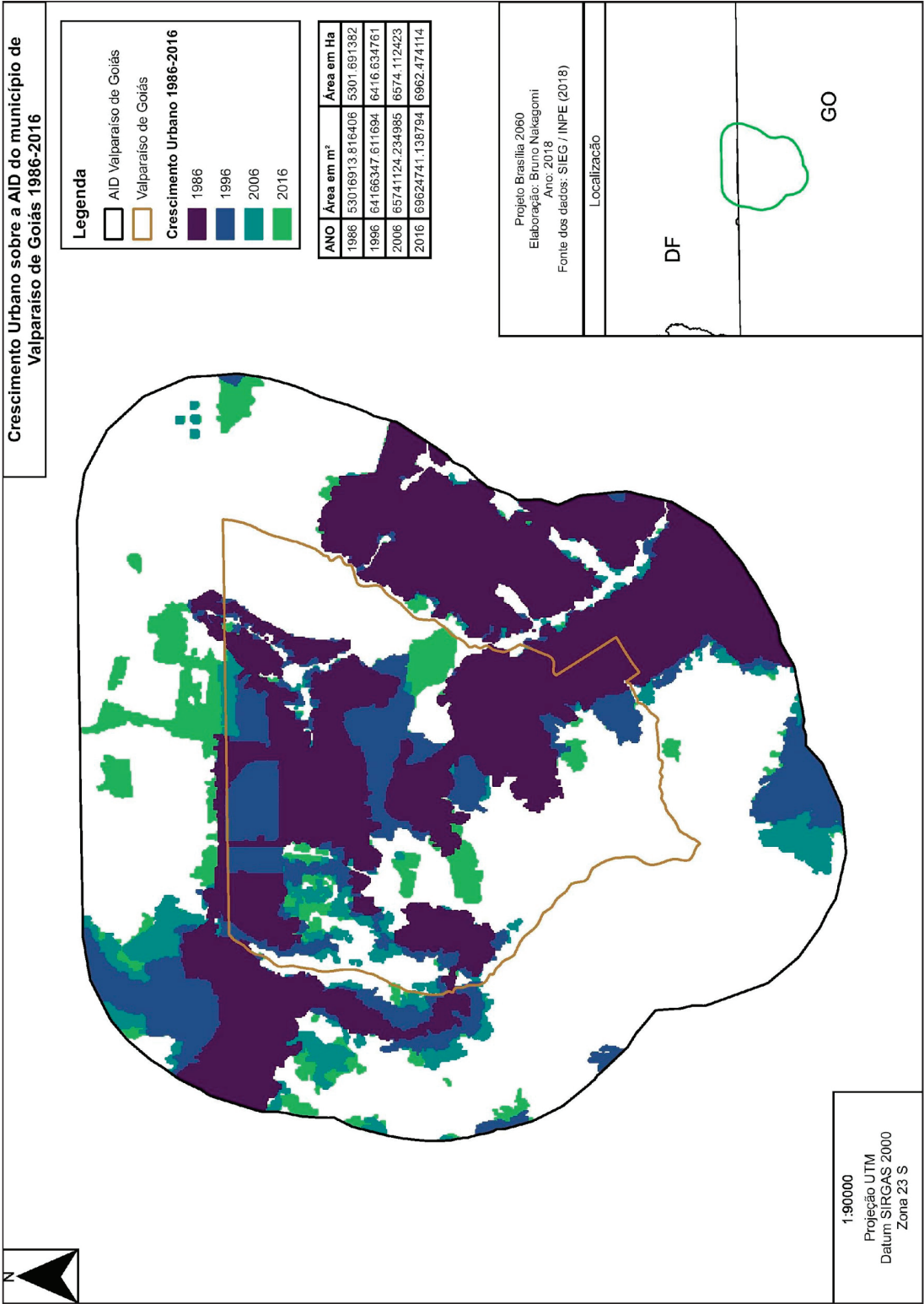
Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 4. Persistência da paisagem Valparaíso de Goiás e AID – 1986-2016.



Fonte: Nakagomi (2018).

Mapa 5. Crescimento urbano Valparaíso de Goiás e AID – 1986 – 2016.



Fonte: Nakagomi (2018).

## 5. Questão hídrica e usos da terra

*Ana Paula Camelo*

Este item envolve a proposição de monitoramento de bacias de acordo com dados disponíveis para bacias críticas e usos intensivos de recursos hídricos da ANA e SIEG/GO, além de análise de impermeabilização do solo e de suscetibilidade a alagamentos, com descrição de fontes e respectivas metodologias. Essa abordagem foi aplicada à área de estudo da ESECAE e de Formosa, consideradas como UEIs do Projeto Brasília 2060 contidas na face leste da área Metropolitana de Brasília, tendo em conta as condições de vulnerabilidade das bacias hidrográficas.

### 5.1 Áreas de bacias críticas – UEI ESECAE e Formosa

A Agência Nacional de Águas (ANA) atualiza sistematicamente, por meio dos Relatórios de Conjuntura, o balanço entre a oferta e a demanda de recursos hídricos, tendo, assim, informações sempre recentes.

A ANA também monitora os dados sobre a qualidade e a quantidade de água que entra e sai de uma região, para saber as condições dos rios e bacias brasileiras. Por meio dessa comparação é possível realizar diagnósticos, que visam orientar ações de planejamento e de gestão.

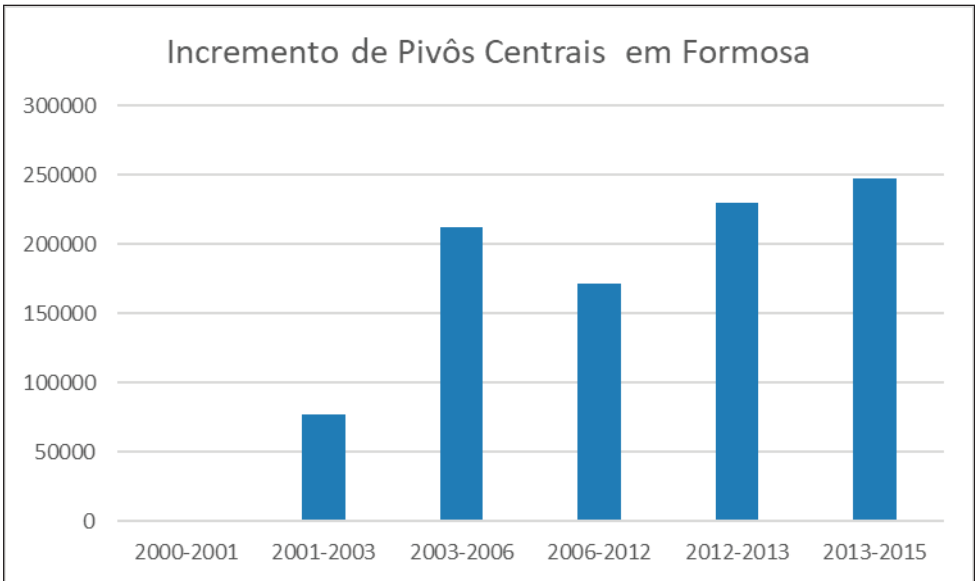
Para a identificação das zonas de bacias críticas foi utilizado o banco de dados da Agência Nacional de Águas de Bacias e trechos de especial interesse para a gestão de recursos hídricos (bacias críticas). Disponível em: <<http://portal1.snirh.gov.br/ana/apps/webappviewer/index.html?id=acecc27c317a-4bbe8b9ed4470fbd97bd>>

No que tange às áreas de bacias críticas, na área da ESECAE, conforme Mapa 1, observa-se que o trecho que apresenta criticidade é o trecho do Ribeirão Pipiripau. A ANA avalia que o trecho possui criticidade 4, ou seja, apresenta balanço quantitativo crítico.

No trecho da área CIF-FORMOSA há maior presença de criticidade na bacia do Rio Preto, conforme Mapa 2, principalmente no aspecto quantitativo devido à alta demanda para irrigação. Pode ser observado que durante o período de 2000 a 2015 houve um aumento de número de pivôs centrais na UEI Formosa na ordem de 247622 % (SIEG,2018), de acordo com a Figura 1.



Figura 1. Incremento de pivôs centrais na UEI Formosa.



Fonte: Camelo (2018).

Na Tabela 1 estão dispostos os incrementos de pivôs centrais na UEI da vertente leste. Observe relação comparativa com Luziânia e Cristalina ao sul da AMB. Em essência, a garantia da terra e da água são, definitivamente, elementos indissociáveis para o capital agrícola, isto é, a água é historicamente vinculada ao acionamento dos pivôs-centrais e à irrigação das grandes plantações para exportação (JUNIOR, 2010). Dessa forma, ao aumentar o número de pivôs centrais, aumenta-se o consumo de água para produção, impactando os recursos hídricos e a criticidade dos trechos de rios e córregos da região. Essa indicação é corroborada por análise de criticidade das bacias hidrográficas de Goiás associadas à irrigação (IMB/SEGPLAN, 2014); (Informe técnico 14/2014).

Tabela 1. Incremento percentual do número de pivôs centrais na vertente leste da AMB.

(continua)						
INCREMENTO DE PIVÔS CENTRAIS (%)						
UEI	2001-2000	2003-2001	2006-2003	2012-2006	2013-2012	2013-2015
Alexânia	-35.3	49045.5	50421.2	60614.0	60614.0	46745.5
Brasília	1135.5	892793.3	15498.0	15498.0	31309.1	1555106.7
Cidade Ocidental	-46.9	84341.7	39329.7	54342.8	54342.8	48092.6
Cristalina	-21.3	4024768.1	4578478.7	5522309.7	5915622.4	6061141.9
Formosa	13.2	76908.6	212219.4	171828.8	230287.6	247621.9
Luziânia	-42.8	621189.9	821751.6	871127.2	946204.2	794994.3

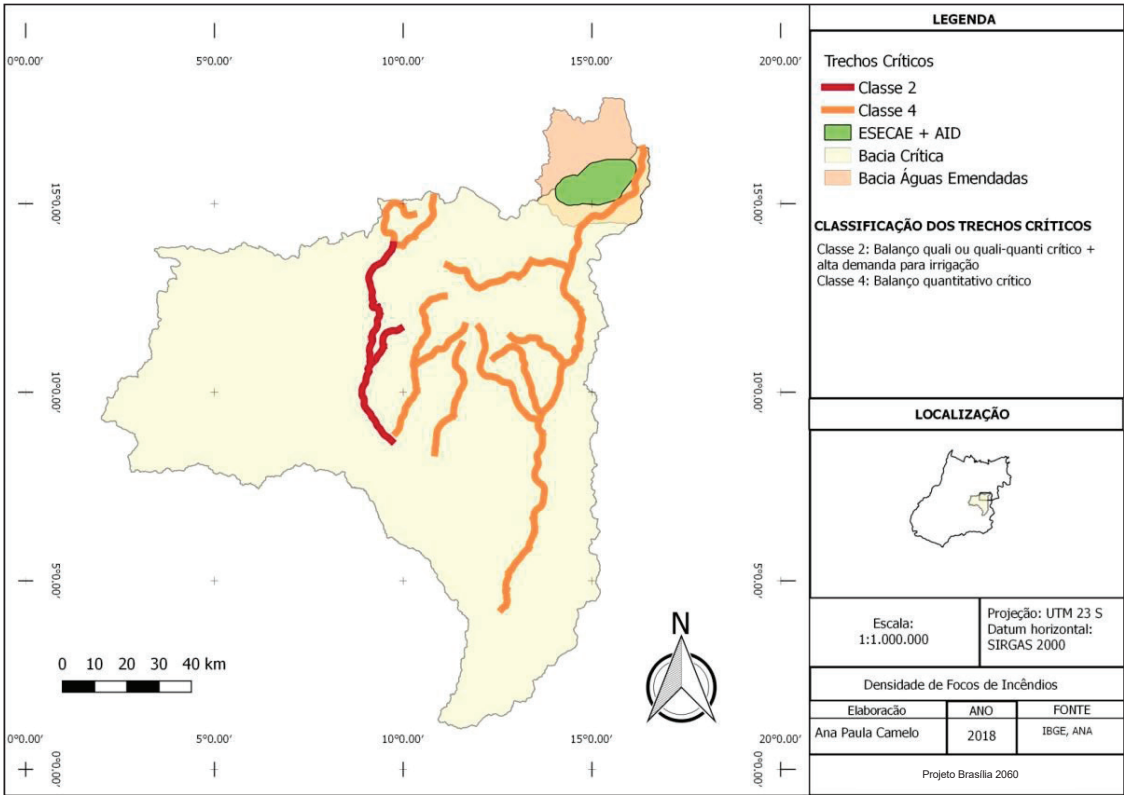
Fonte: Camelo (2018).

Tabela 1. Incremento percentual do número de pivôs centrais na vertente leste da AMB.

(finalização)						
INCREMENTO DE PIVÔS CENTRAIS (%)						
UEI	2001-2000	2003-2001	2006-2003	2012-2006	2013-2012	2013-2015
Padre Bernardo	88.5	38473.2	62352.1	84530.6	94031.3	124003.7
Planaltina	-60.1	21294.0	59938.6	59854.2	59854.2	50056.5
Total Geral	-10.1	5809514.3	5840689.2	6840805.2	7392965.6	8928463.1

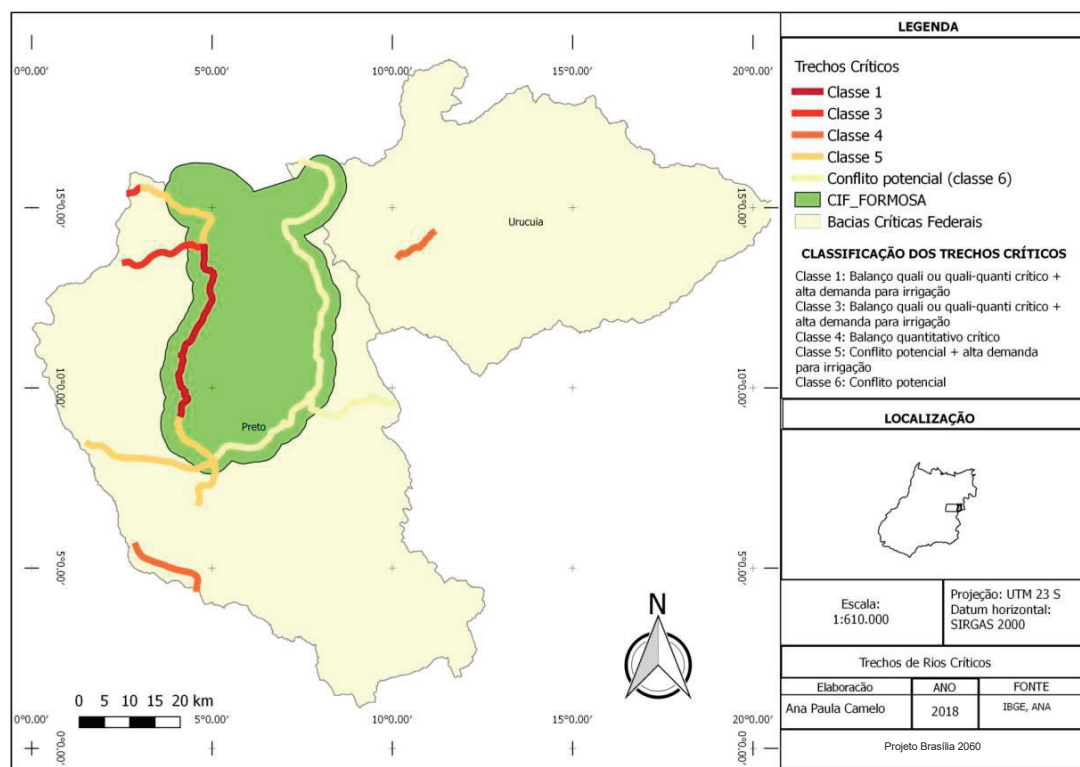
Fonte: Camelo (2018).

Mapa 1. Bacia Crítica – ESECAE.



Fonte: Camelo (2018).

Mapa 2. Bacia Crítica – Formosa.



Fonte: Camelo, jun 2018.

## 5.2 Estudo de impermeabilização do solo – ESECAE e AID

### *Análise de impermeabilidade média da ESECAE e AID*

Dando continuidade às atividades descritas, uma vez que os dados referentes aos estudos hidrológicos não foram disponibilizados em sua totalidade, foi inicialmente realizado o estudo de impermeabilização do solo da ESECAE e de sua área de influência direta (AID) no intuito de verificar áreas mais suscetíveis à afetação dos recursos hídricos.

Para o estudo foi utilizado o número de escoamento (CN ou SCS-CN), que é um parâmetro empírico utilizado em hidrologia para obter previsões do caudal de escoamento superficial direto ou de infiltração em função do volume de excesso de precipitação (USDA-SCS, 1986)

A determinação do número de escoamento e os seus valores numéricos resultaram da análise empírica dos dados obtidos por observação do processo de geração de escoamento superficial em pequenas bacias hidrográficas e em parcelas monitorizadas pelo Soil Conservation Service do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. O método é reconhecidamente preciso e de fácil cálculo, sendo amplamente utilizado para determinar a quantidade aproximada de escoamento superficial direto gerado numa área específica em resposta a determinado um evento de precipitação.

Nessas condições, e para a generalidade dos solos, CN fica compreendido entre 0 e 100 (Tabela 2); números mais baixos indicam um menor potencial de geração de escoamento superficial, enquanto

números maiores são indicadores de maior potencial de geração de escoamento. Ou seja, quanto menor for o valor do número de escoamento, maior é a permeabilidade do solo.

Portanto, para classificar a pedologia, inicialmente os solos foram classificados conforme seu grupo hidrológico (Lombardi Neto et al., 1989). Essa classificação leva em consideração o fator de erodibilidade do solo (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação dos solos em grupos hidrológicos.

Grupo Hidrológico	Resistência à erosão	Classes de solos
A	Alto	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
B	Moderado	LATOSSOLO AMARELO e LATOSSOLO VERMELHO AMARELO, ambos de textura média, mas com horizonte superficial de textura arenosa; LATOSSOLO BRUNO; NITOSSOLO VERMELHO; NEOSSOLO QUARTZARÊNICO; ARGISSOLO VERMELHO ou VERMELHO AMARELO de textura arenosa/média, média/argilosa, argilosa/argilosa ou argilosa/muito argilosa que não apresentam mudança textural abrupta.
C	Baixo	ARGISSOLO pouco profundo, mas não apresentando mudança textural abrupta ou ARGISSOLO VERMELHO, ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos profundos e apresentando mudança textural abrupta; CAMBISSOLO de textura média e CAMBISSOLO HÁPLICO ou HÚMICO, mas com características físicas semelhantes aos LATOSSOLOS (latossólico); ESPODOSSOLO FERROCÁRBICO; NEOSSOLO FLÚVICO.
D	Muito Baixo	NEOSSOLO LITÓLICO; ORGANOSSOLO; GLEISSOLO; CHERNOSSOLO; PLANOSSOLO; VERTISSOLO; ALISSOLO; LUVISSOLO; PLINTOSSOLO; SOLOS DE MANGUE; AFLO-RAMENTOS DE ROCHA; Demais CAMBISSOLOS que não se enquadram no Grupo C; ARGISSOLO VERMELHO AMARELO e ARGISSOLO AMARELO, ambos pouco profundos e associados à mudança textural abrupta.

Fonte: Adaptado de SARTORI et al. (2005).

Com o método do número-curva (CN) pode-se avaliar os impactos que as mudanças do uso e da cobertura das terras podem provocar no volume do escoamento superficial e essas mudanças podem ser monitoradas e analisadas com auxílio de técnicas de geoprocessamento (Ragan & Jackson, 1980).

Tabela 2. Valores do CN II para diferentes tipos de grupo de solo e uso e manejo.

(continua)					
Uso da terra		Grupo de Solo			
		A	B	C	D
Áreas Urbanas	Estacionamentos pavimentados, telhados, Estradas e ruas	98	98	0	
Terra cultivada	Sem métodos conservacionistas	72	81	88	91
	Com métodos conservacionistas	62	71	78	81
Pasto	Más condições	68	79	86	89
	Boas condições	39	61	74	80

Tabela 2. Valores do CN II para diferentes tipos de grupo de solo e uso e manejo.

(continua)					
Uso da terra		Grupo de Solo			
		A	B	C	D
Prado	Boas condições	30	58	71	78
Cobertura Florestal	Pouca cobertura, sem cobertura foliar	45	66	77	83
	Boa Cobertura	25	55	70	77
Espaços Abertos, gramados, parques, etc.					
Boas condições:	Gramma cobre mais de 75% da área	39	61	74	80
Condição moderada:	Gramma cobre entre 50% e 75% da área	49	69	79	84

Fonte: Adaptado de NRCS (1972).

Assim, com o intuito de realizar um estudo qualitativo da impermeabilização da área da ESECAE e de sua área de influência, utilizou-se o valor do CN tabelado para avaliar o grau de impermeabilização das áreas selecionadas (Tabela 2). O índice de impermeabilidade, varia de 0 a 1, sendo 1 para áreas totalmente impermeáveis e 0 para áreas totalmente permeáveis, foi calculado conforme a equação 1 abaixo:

$$\frac{CN_a}{CN_{100}}$$

Equação 1.

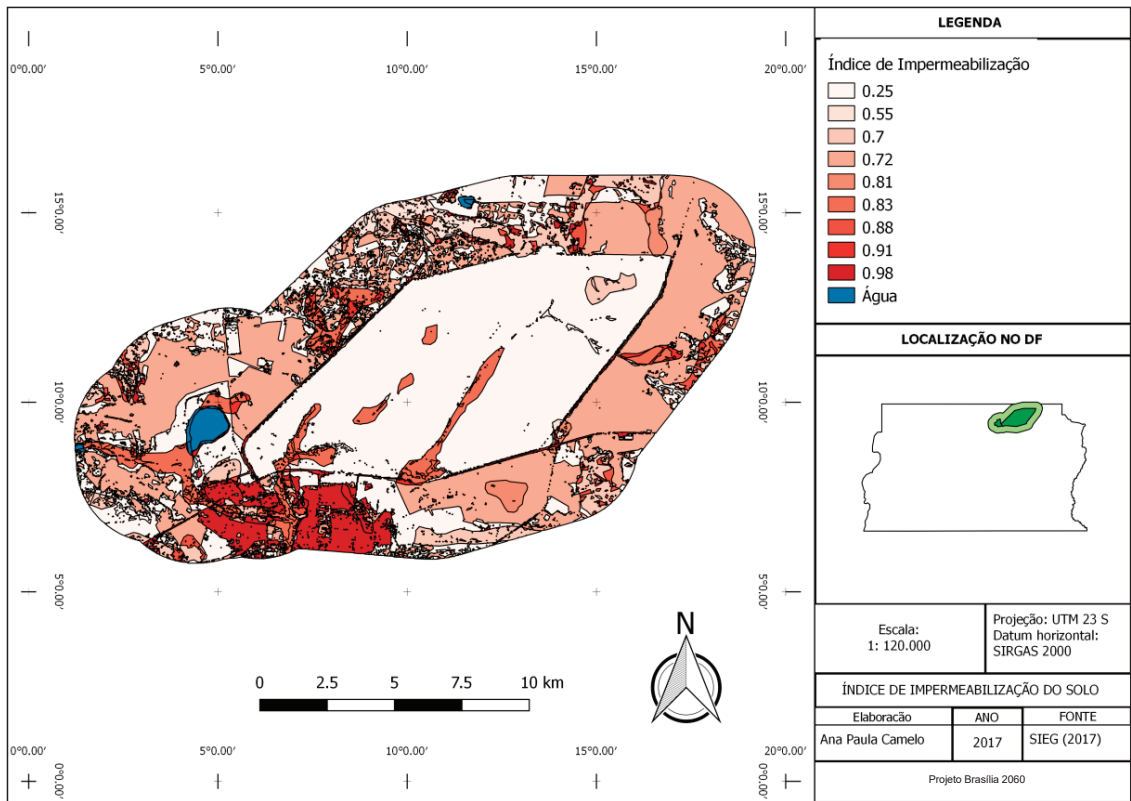
Sendo que  $CN_a$  é o CN da área selecionada e  $CN_{100}$  é o número máximo tabelado (100) para áreas onde não há infiltração.

Índice de impermeabilização do solo

O resultado da análise para o Índice de Impermeabilidade do Solo da ESECAE e sua AID encontra-se no Mapa 3. Evidencia-se a zona urbanizada a sul e a zona em processo de fragmentação da paisagem a norte com os maiores valores de impermeabilização do solo.



Mapa 3. Índice de impermeabilização do solo – ESECAE e AID.



Fonte: Camelo (2018).

### 5.3 Identificação de zonas urbanas e envolventes da UEI CIF e de FORMOSA sujeitas a alagamentos

#### *Análise de suscetibilidade a alagamentos*

A metodologia utilizada para a obtenção dos resultados propostos foi baseada na classificação espacial através do algoritmo de média ponderada, da definição de variáveis pertinentes e da valoração de suas importâncias para a ocorrência do fenômeno estudado, da elaboração de mapas temáticos segundos os critérios definidos e da integração entre os dados gerados através do algoritmo, permitindo, assim, a análise e discussão dos resultados obtidos.

A integração dos dados através do método de classificação espacial por média ponderada é a técnica mais utilizada em projetos que envolvam análise espacial. Muller (2012), descreve o método como a inferência de pesos aos dados de entrada em função da importância destes para a hipótese sobre consideração, com a definição empírica de pesos e a soma ponderada dos planos de informação segundo sua importância relativa.

Segundo Dias et al. (2005), o algoritmo classificador (média ponderada) é aplicado a uma estrutura de matrizes, no qual cada célula corresponde a uma unidade territorial, com a análise individual de pixel. Conforme Muller (2012), o somatório dos pesos dos planos de informações (variáveis)

ao ser normalizado passa a ser expresso no intervalo de 0 a 1, com a soma dos pesos significando a unidade. Para o presente trabalho, foram consideradas na avaliação as classes existentes em cada variável, com a atribuição empírica de valores conforme sua influência no evento estimado, com valores variando entre 1 e 5, de acordo com o menor ou com o maior grau contribuição da classe ao processo de alagamento de áreas, respectivamente.

Tanto a integração dos dados quanto os processamentos anteriores foram realizados utilizando o pacote de ferramentas do QGIS. Dependendo da combinação desses fatores, as águas pluviais apresentarão maior tendência à infiltração ou ao escoamento quando entrarem em contato com determinada classe. A base de dados referente ao tema pedologia foi extraída de Embrapa (1978). Considerando as características físicas genéricas de cada classe de solo encontrada na bibliografia consultada, especialmente aquelas já citadas, considerados os fatores de maior importância para a velocidade de infiltração de águas, foram atribuídos os seguintes valores para cada classe (Quadro 2).

Dentre as classes de solo encontradas na região por Embrapa (1978), destacam a Área Urbana e a Água que, para a metodologia proposta, foram atribuídos valores mínimos de interferência, uma vez que estes já são considerados e valorados na variável Uso e Cobertura do Solo. O uso e cobertura do solo está diretamente associado à permeabilidade da região, de acordo com a destinação desta. Nesse caso, espera-se maior tendência à retenção e à infiltração de águas pluviais em áreas de mata nativa e reflorestamento e ao escoamento em áreas com maior grau de pavimentação, como áreas urbanas, por exemplo.

A base de dados do uso e ocupação do solo foi do ano de 2016 e foi feita com base na análise da imagem do sensor OLI, do satélite japonês LANDSAT, a qual foi georreferenciada utilizando a base cartográfica da **CODEPLAN** em escala 1:10.000 em sistema de projeção SIRGAS\_2000.

Segundo classificação adotada pelo mesmo, a área em estudo foi dividida em 5 classes, abrangendo as principais categorias de uso e ocupação que ocorrem no local. O peso dado a cada uma delas se deu em base no nível de impermeabilização e na propensão ao escoamento das águas pluviais (Quadro 2).

**Declividade:** O critério de declividade está diretamente associado à propensão ao escoamento ou acúmulo de água de uma determinada região. O dado foi gerado através do Modelo Digital de Elevação (MDE) do terreno, gerado pelo GDF (2010) em escala 1:10.000, com a separação de classes de declividade (Quadro 2).

**Acúmulo de Fluxo de Água:** É uma variável associada à declividade e conformação do terreno e é definida pela propensão da água a tomar determinado caminho ao longo do terreno, formando canais preferenciais de drenagem. Regiões identificadas como canais preferenciais de drenagem acumulam as águas pluviais locais e tendem a formar enxurradas. Tal dado foi derivado dos dados de MDE e do modelo de direção de fluxo de água. De acordo com o grau de acúmulo de fluxo, foram definidas 5 classes, as quais obtiveram pesos descritos no Quadro 2.

**Integração de Dados:** A integração dos dados se deu com a sobreposição das variáveis citadas e a aplicação do algoritmo de média ponderada, com vistas à identificação das áreas passíveis a alagamento. Foram definidos os seguintes pesos para cada variável: 20% para Solos, 25% para Uso e Ocupação, 30% para Declividade e 25% para Acúmulo de Fluxo de Água.

A fórmula de suscetibilidade a alagamentos foi definida na Equação 2, abaixo:

$$S.A = (0.2 \times Solos) + (0.25 \times Uso\ e\ Ocupação) + (0.3 \times Declividade) + (0.25 \times Acúmulo\ de\ fluxo)$$

Equação 2.

Identificação de áreas suscetíveis de alagamentos

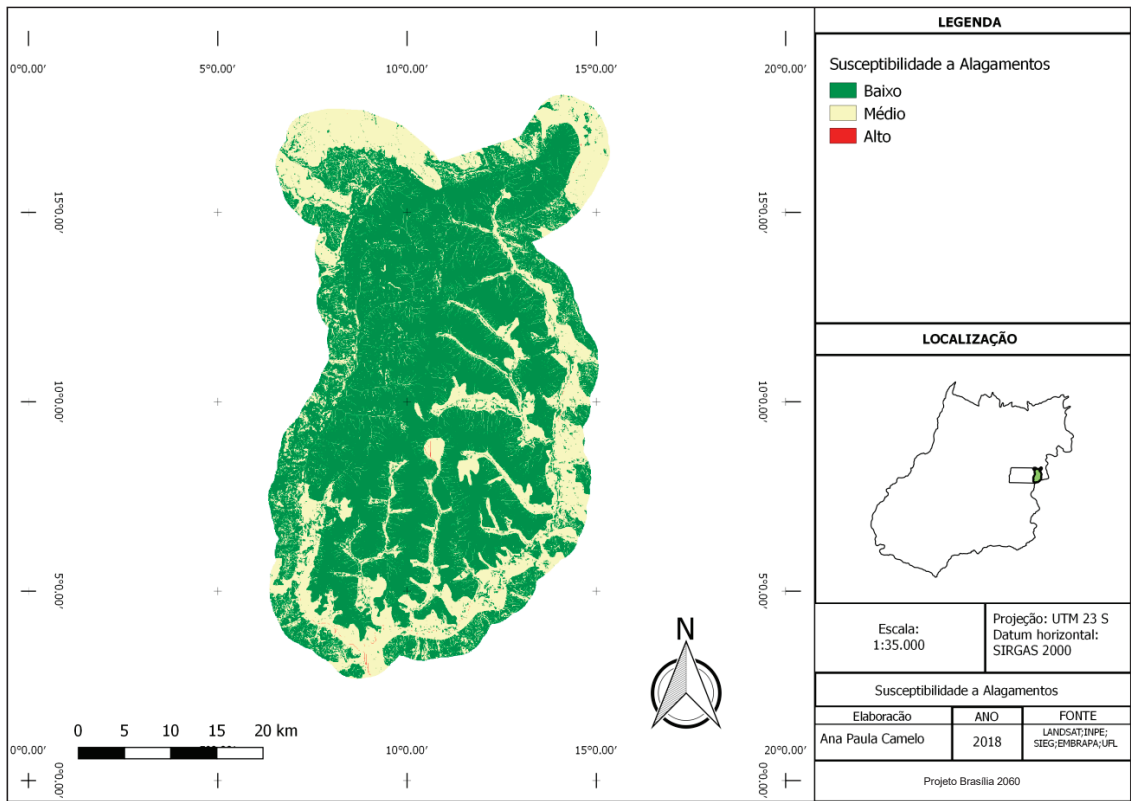
Através do cruzamento de dados e tomando como base o modelo proposto, foram identificadas as principais regiões suscetíveis ao processo de alagamento na unidade CIF-FORMOSA. Foram definidas três classes de níveis de suscetibilidade: baixa, média e alta, conforme a propensão do terreno em acumular água, representadas no Mapa 4.

Quadro 2. Pesos atribuídos aos fatores.

Fatores	Classes	Pesos Atribuídos
SOLO	Classes de Grupo Hidrológico	
	A	1
	B	2
	C	4
	D	5
USO DO SOLO	Classe de Uso do solo	
	URBANO – Média densidade	4
	AGRÍCOLA	3
	CERRADO	2
	MATA	1
	REFLORESTAMENTO	2
	ÁGUA	5
DECLIVIDADE	Classe de declividade	
	0-3	5
	3-8	4
	8-20	3
	20-45	2
	>45	1
ACÚMULO DE FLUXO	Mínimo (0-25)	1
	Baixo (25-2.500)	2
	Médio (2.500-25.000)	3
	Alto (25.000-250.000)	4
	Muito Alto (>250.000)	5

Fonte: Adaptado de Neto et al. (2017).

Mapa 4. Suscetibilidade a Alagamentos – Formosa e AID.



Fonte: Camelo (2018).

## 6. Situação DF: prognóstico de usos futuros 2060

Ana Paula Camelo, Bruno Nakagomi, Caio Dias

A análise do Uso do Solo do DF, dos anos de referência de 2015 e 2017, foi realizada conforme a divisão espacial das categorias de zoneamento do Plano Diretor de Ordenamento Territorial e a classificação do MAP Biomas/MMA. A construção do modelo projetivo envolveu a análise de cenários e a redução de variáveis, tendo em vista o prazo de execução e as fontes disponíveis de média resolução.

### 6.1 - Sobre o método

#### 6.1.1 Classificação do uso do solo do DF

O PDOT 2012 divide o DF em macrozonas: Macrozona de Proteção Integral, Macrozona Rural e Macrozona Urbana. Para a análise do uso futuro do solo foram adotadas as seguintes premissas:

1. Não haverá modificação no uso do solo das áreas de Proteção Integral (Macrozona de Proteção Integral);
2. A divisão atual do PDOT 2012 se manterá até o ano final de simulação 2060;
3. Não haverá modificação no uso do solo das áreas de Unidades de Conservação que limitam a transição do uso do solo inseridas nas demais áreas do DF, conforme preconizado pelo SDUC (Lei Complementar Nº 827, DE 22 DE JULHO DE 2010): Estação Ecológica; Reserva Biológica; Parque Distrital; Monumento Natural; Refúgio de Vida Silvestre; Floresta Distrital; Parque Ecológico; e Reserva de Fauna.

Dada a extensão territorial do DF e das limitações impostas, optou-se pela divisão de áreas do DF de acordo com PDOT 2012. A divisão de áreas por pesquisador foi:

- Ana Paula Camelo: Zona de Uso Rural Controlado e Zona de Uso Rural Diversificado (Macrozona 1);
- Caio Dias: Zona Urbana Consolidada; Zona Urbana de Expansão e Qualificação; e Zona Urbana de Uso Controlado I (Macrozona 2);
- Bruno Nakagomi: Zona Urbana de Uso Controlado II; Zona Urbana do Conjunto Tombado e Zona de Contenção Urbana (Macrozona 3).

Para o uso do solo utilizaram-se as cartas classificadas pelo Projeto MapBiomas (Projeto de Mapeamento Anual da Cobertura e Uso do Solo do Brasil - <http://mapbiomas.org>) para os anos 2015 e 2017. MapBiomas envolve mapeamentos anuais para o período de 1985 a 2017, uma aplicação online, de fácil acesso e voltada para a inspeção visual em séries históricas de imagens de sensoriamento remoto, o que se tornou uma necessidade premente.

Além desses mapas foram calculados os índices de vegetação elaborados a partir de imagens do Satélite LANDSAT 8 sensor OLI para futuras análises. O Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (Normalized Difference Vegetation Index – NDVI) é a razão entre a diferença das reflectividades das bandas no infravermelho próximo e no vermelho do visível e pela soma dessas mesmas reflectividades exposto na Equação 1 (Rouse et al. 1973). O NDVI é um indicador sensível da quantidade e condição da vegetação, cujos valores variam no intervalo de -1 a 1. Nas superfícies que contêm água ou nuvens, essa variação é sempre menor do que 0.

$$NDVI = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v}$$

Equação 1.

Sendo que:  $\rho_v$  é a banda do vermelho e  $\rho_{iv}$  é a banda do infravermelho próximo.

O Índice de Vegetação Ajustado ao Solo (Soil- Adjusted Vegetation Index – SAVI) é um índice definido pela Equação 2, que leva em consideração os efeitos do solo exposto nas imagens analisadas para ajuste do NDVI quando a superfície não está completamente coberta pela vegetação.



$$SAVI = \frac{(1+L)(\rho_{iv}-\rho_v)}{L+\rho_{iv}+\rho_v}$$

Equação 2.

No qual: L é uma constante denominada de fator de ajuste do índice SAVI, podendo assumir valores de 0,25 a 1, dependendo da cobertura do solo. Conforme Huete (1988), um valor para L de 0,25 é indicado para vegetação densa e de 0,5 para vegetação com densidade intermediária e quando o valor de L for 1 é indicativo de vegetação com baixa densidade. Se o valor do SAVI for igual a 0, seus valores tornam-se igual aos valores do NDVI.

O Índice de Área Foliar (IAF) é um índice biofísico definido pela razão entre a área foliar de uma vegetação por unidade de área utilizada por esta vegetação (Equação 3), sendo um indicador da biomassa de cada pixel da imagem, computado pela seguinte equação empírica (Allen et al. 2002):

$$IAF = \frac{\ln\left(\frac{0,69-SAVI}{0,59}\right)}{0,91}$$

Equação 3.

6.1.2 Situação DF: analisar as principais fontes de conversão do uso do solo

Os itens 7.1.1 e 7.1.2 desta etapa são itens relacionados que permitem a previsão de uso futuro do solo. Para isso utilizou-se a metodologia proposta por SOARES-FILHO et al (2009) para modelagem de uso e cobertura do solo.

Após a correção dos mapas temáticos do Map Biomas com o auxílio dos Índices de Vegetação, as classes foram reduzidas a 3, sendo: I) Natural referente aos usos Cerrado e Mata; II) Agrícola, referente aos usos Agrícola e Reflorestamento; e III) Urbano que são as áreas urbanas.

Para a modelagem foi utilizado o seguinte banco de dados (Quadro 1):

Quadro 1. Banco de dados utilizados

DADO	FONTE
Hipsometria	SEGETH (2018)
Declividade	Realizado a partir do mapa de Hipsometria
Rodovias	SEGETH (2018)
Vias	SEGETH (2018)
Hidrografia	SEGETH (2018)
Lotes Urbanos	SEGETH (2018)
Ocupações Urbanas	SEGETH (2018)
Uso do solo 2015	MAPBIOMAS
Uso do solo 2017	MAPBIOMAS

Fonte: Camelo (2018).

### 6.1.3 Análise multitemporal

Após a obtenção dos dados, conforme repartição do DF entre equipe de pesquisadores, será realizada a análise multitemporal e a construção do modelo conceitual das mudanças no uso e na ocupação do solo. Nesta etapa será construído um modelo conceitual de mudanças, será feita seleção de variáveis que afetam a qualidade ambiental e, por fim, realização de uma análise multitemporal das mudanças no uso e na ocupação do solo do DF.

As variáveis estáticas, que afetam as mudanças, serão selecionadas do banco de dados levantado e serão utilizadas como pesos de evidências do modelo. A construção do modelo conceitual de mudanças, bem como a análise multitemporal dessas mudanças no DF, serão realizados por meio de tabulação cruzada entre os mapas de uso e ocupação do solo inicial e final de cada período de simulação.

### 6.1.4 Modelagem dinâmica

Após a obtenção das variáveis explicativas para as transições, a construção do modelo conceitual de mudança e a análise multitemporal das mudanças, será elaborado o modelo dinâmico para simulação de cenários tendenciais de mudanças do uso do solo.

O desenvolvimento do modelo de simulação de mudanças do uso e da ocupação do solo pode ser descrito matematicamente pela equação 4 que expressa as mudanças nos padrões espaciais de um tempo  $t$  para um novo padrão espacial no tempo  $t + v$ , tal como:

$$X_{t+v} = f(X_t, V_t)$$

Equação 4.

No qual  $X_t$  é o padrão espacial no tempo  $t$  e  $Y_t$  é o vetor ou conjunto escalar de variáveis que afetam a transição (Soares-Filho et al., 2004). Desse modo, os componentes básicos de qualquer modelo de mudança no uso e ocupação do solo são: configuração inicial, funções de mudança e configuração de saída.

### 6.1.5 Matriz de transição

O cálculo efetuado pela matriz de transição fornece o percentual de alteração de um uso para outro. Ou seja, a matriz de transição é que determina os possíveis tipos de alteração de uso do solo e a respectiva extensão e é calculada conforme a matriz abaixo (SOARES-FILHO et al., 2004).

$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & \dots & j \end{bmatrix}_{t=v} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{21} & P_{\dots 1} & P_{j1} & P_{12} & P_{22} & P_{\dots 2} & P_{j2} & P_{1\vdots} & P_{2\vdots} & P_{\vdots\vdots} & P_{j\vdots} & P_{1j} & P_{2j} & P_{\vdots j} & P_{jj} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 1 & 2 & \dots & j \end{bmatrix}_{t=0}$$

Equação 5.

Portanto:

$$\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1, i = 1, 2 \dots n$$

Equação 6.

O estimador de  $P_{ij}$  é obtido pela equação 15, no qual  $n$  é o número de classes de uso (SOARES-FILHO et al., 2004).

$$\widehat{P}_{ij} = \frac{n_{ij}}{\sum_{j=1}^n n_{ij}}$$

Equação 7.

### 6.1.6 Pesos de evidência

Pesos de evidência consiste em um método baseado no teorema da probabilidade condicional de Bayes. O peso de evidência representa a influência de cada categoria (faixa de valores) de certa variável nas probabilidades espaciais de uma transição  $i \rightarrow j$ , sendo calculado pelas equações 8 e 9 (SOARES-FILHO et al., 2004).

$$O\left\{\frac{D}{B}\right\} = O\{D\} \frac{P\left\{\frac{B}{D}\right\}}{P\left\{\frac{B}{D}\right\}}$$

Equação 8.

$$O\left\{\frac{D}{B}\right\} = \log\{D\} + W^+$$

Equação 9.

Sendo que  $O\{D\}$  e  $O\{D/B\}$  são as razões de chances, respectivamente, de ocorrer a priori o evento  $D$  e ocorrer  $D$  dado um padrão espacial  $B$ , por exemplo, de um determinado tipo de solo. Positive Weight of Evidence ( $W^+$ ) é o peso de evidência de ocorrer o evento  $D$ , dado um padrão espacial  $B$ . A probabilidade a posteriori de uma transição  $i \rightarrow j$  expressada pela equação 10, dado um conjunto de dados espaciais e considerando que  $O\{D\}=1$  já é fornecida ao modelo via matriz de transição.

$$P\left(\frac{i \rightarrow j(x,y)}{e^{\sum_k W_k n_{i \rightarrow j(V)XY}}}\right) = \frac{1 + \sum_{ij} e^{\sum_k W_k n_{i \rightarrow j(V)XY}}}{e^{\sum_k W_k n_{i \rightarrow j(V)XY}}}$$

Equação 10.

Sendo que  $V$  representa um vetor de  $k$  variáveis espaciais, medidas nas localidades  $x, y$  representadas por seus pesos  $W+k_1xy, W+k_2xy, \dots, W+k_nxy$ , sendo  $n$  o número de categorias de cada variável  $k$ .

### 6.1.7 Correlação entre as variáveis

O método estatístico de pesos de evidência pressupõe independência espacial. Essa independência espacial entre as variáveis é calculada pela verificação da correlação existente entre elas, devendo-se, ainda, verificar a dependência entre os mapas de variáveis. Para tanto, serão utilizados o Índice de Cramer ( $V$ ) e o da Incerteza de Informação Conjunta (JIU – Joint Information Uncertainty) (BONHAM-CARTER, 1994).

### 6.1.8. Cálculo das probabilidades de transição

O método implementado no Dinamica EGO para o cálculo das probabilidades espaciais de transição baseia-se na aplicação da regressão logística utilizando-se de todas as variáveis dinâmicas e estáticas. O resultado é um conjunto de mapas ou layers (camadas), discriminando as probabilidades de cada célula do terreno sofrer uma transição de um estado  $i$  para um estado  $j$ . Esses mapas são utilizados em um momento seguinte pelas funções de transição na eleição de células a serem transicionadas (SOARES-FILHO et al., 2001).

### 6.1.9. Algoritmos de transição

Para produzir os padrões espaciais de mudanças na transição do uso do solo, o Dinamica EGO apresenta dois algoritmos: o patcher e o expander. A função expander é responsável pela expansão ou contração das manchas já existentes de determinada classe, ou seja, executa transições de um estado  $i$  para um estado  $j$  somente nas adjacências de células no estado  $j$ . Já a função patcher destina-se a gerar novas manchas de transição de um estado  $i$  para um estado  $j$  nas vizinhanças de células com estado diferente de  $j$ . Esses dois processos podem se fundir na seguinte equação 11:

$$Q_{ij} = r \times (\text{função Expander}) + s \times (\text{função Patcher})$$

Equação 11.

Sendo que  $Q_{ij}$  corresponde à quantia total de transições do tipo  $ij$  especificadas por cada período de simulação, e  $r$  e  $s$  são respectivamente o percentual de transições executadas por cada função, sendo que  $r + s = 1$ .

### 6.1.10 Construção do cenário de prognóstico

Cenários são imagens alternativas de futuro que facilitam a tomada de decisões. Eles delineiam conjecturas político-econômicas, sociodemográficas, legais, institucionais, ambientais, tecnológicas e outras, que serão responsáveis por desencadear mudanças passíveis de previsão, segundo um grau de certeza, em horizontes de projeto específicos. Cenários subdividem-se em estacionários e não-estacionários, em que os primeiros utilizam o diagnóstico das alterações pretéritas para direcionar as alterações que ocorrerão no futuro, reproduzindo tendências observadas no passado. Os não-estacionários, por sua vez, podem utilizar o diagnóstico das alterações pretéritas para simular alterações futuras, mas incorporam novas condições de contorno, como mudanças na conjuntura macro ou microeconômica, alterações em dispositivos legais, novas instalações de infraestrutura, etc.

No caso particular deste trabalho, foi gerado um cenário estacionário. 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 migrarão para a classe Agrícola e Urbano nesse horizonte de projeto.

## 6.2 Resultados

Os mapas temáticos de uso do solo para os anos 2015 e 2017 foram elaborados conforme Zonas do PDOT, 2012. As cartas do MAP BIOMAS foram corrigidas quando observadas incongruências como, por exemplo, áreas agriculturáveis no interior de unidades de conservação integral.

No entanto, pode haver erros não observados e que se perpetuaram. Os mapas de Índice de Vegetação, por zonas do PDOT, não foram utilizados para a classificação do uso do solo, considerando o volume de dados e prazos disponíveis, mas podem e devem ser utilizados em análises futuras.

### 6.2.1 Situação DF: análise das principais fontes de conversão do uso do solo

Para cada região do DF estudada houve diferentes pressões e fontes de conversão do uso do solo. Nas áreas Rurais e Zona Urbana Consolidada, Zona Urbana de Expansão e Qualificação e Zona Urbana de Uso Controlado I, as principais pressões foram a proximidade a zonas urbanas e a proximidade a zonas rurais.

Para a área do conjunto tombado aliado à proximidade a zonas urbanas e à proximidade a zonas rurais, somam-se as distâncias as rodovias e a declividade.

### 6.2.2 Situação DF: pressões de conversão do uso do solo e prognóstico de usos futuros

Os modelos dinâmicos de simulação de mudanças de uso e cobertura da terra tentam replicar possíveis padrões da evolução da paisagem e assim possibilitar a avaliação de futuras implicações

ecológicas sobre o meio ambiente (Soares-Filho et al., 2002). De acordo com Soares-Filho et al. (2007), os componentes de um modelo de mudança da paisagem consistem em (1) uma configuração inicial, (2) função de mudança e (3) uma configuração de saída. Os autores descrevem a configuração inicial como, por exemplo, um mapa da paisagem ou de uso e cobertura da terra, derivados de dados de sensoriamento remoto. A função de mudança pode ser contínua ou discreta, envolvendo desde uma equação linear diferencial, no caso de o tempo ser considerado como uma variável contínua, ou exemplos mais complexos, como a utilização de sequências de regras de decisão (Soares-Filho et al., 2007). A saída consiste em mapas simulados definidos em determinado intervalo de tempo.

O primeiro passo da simulação resulta na matriz de transição, ou seja, mudanças do uso do solo ocorridas entre 2015 e 2017. Para a simulação foram utilizadas as transições de passos múltiplos que são mais relevantes para cada área.

Na Tabela 1 estão as taxas de modificação de uso do solo para cada zona estudada.

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

Uso 2015	Uso 2017	Taxa de conversão (a.a)
Macrozona 1		
Natural	Agrícola	0.03
Macrozona 2		
Natural	Agrícola	0.08
Natural	Urbano	0.10
Macrozona 3		
Natural	Urbano	0.04
Agrícola	Urbano	0.02
Agrícola*	Natural*	0.15

Fonte: Camelo (2018).

Na MacroZona 3 há uma forte transição do uso agrícola para o uso Natural (0.15). De acordo com Cessa (2018), a “recuperação natural” pode ser influenciada pela falta de manejo quanto à limpeza e aos tratos culturais, iniciando, assim, o processo de restabelecimento do Cerrado típico.

No segundo passo da simulação, o modelo calcula os intervalos para categorizar as variáveis contínuas de tons de cinza para derivar os Pesos e Evidências. Para as transições foram consideradas as variáveis:

- Distâncias Euclidiana de lotes rurais/Urbano;
- Distância Euclidiana de rodovias;
- Declividade do terreno;
- Distância até a célula mais próxima de uso agrícola.

No terceiro passo do modelo foram calculados os coeficientes de Pesos de Evidência. Os coeficientes resultantes são usados para derivar mapas de probabilidade de transição. No quarto passo é calculada a correlação entre as variáveis, como elas não apresentaram correlação entre si, não foi necessário retirar variáveis das análises realizadas.

No quinto passo foi testado o ajuste do modelo de decaimento exponencial. No sétimo passo há ajuste espacial entre mapas de mudanças, usando um teste de comparação de similaridade fuzzy. Nesse caso, o teste emprega uma função de decaimento constante, calculada em vários tamanhos de janela.



Na etapa de simulação foi produzido o mapa simulado de transição de Cobertura da Terra para o ano de 2017. Na Tabela 2 estão os valores de similaridade máxima de cada tamanho de janela para as diversas simulações. Existem diversos trabalhos com valores distintos de aceitação para similaridade entre as simulações, principalmente em paisagens mais homogêneas, como é o caso da Amazônia.

No entanto, conforme Rezende et al. (2014), devido à complexidade das interações que ocorrem na região, a dificuldade em eleger variáveis, a dinâmica socioeconômica e ambiental, esses resultados foram considerados satisfatórios para o estudo. Apesar disso, sugere-se uma nova base com imagens de maior resolução para melhores desempenhos do modelo. Deve ser levado em consideração que algumas transições foram suprimidas e isso degrada a qualidade do índice de similaridade.

Tabela 2. Valores de similaridade do modelo.

(continua)		
Tamanho da Janela	Similaridade Mínima	Similaridade Máxima
Macrozona 1		
1X1	0.08	0.08
3X3	0.23	0.28
5X5	0.44	0.52
7X7	0.60	0.61
9X9	0.68	0.73
11x11	0.73	0.81
13X13	0.77	0.87
Macrozona 2		
1X1	0.16	0.28
3X3	0.34	0.46
5X5	0.42	0.52

Tabela 2. Valores de similaridade do modelo.

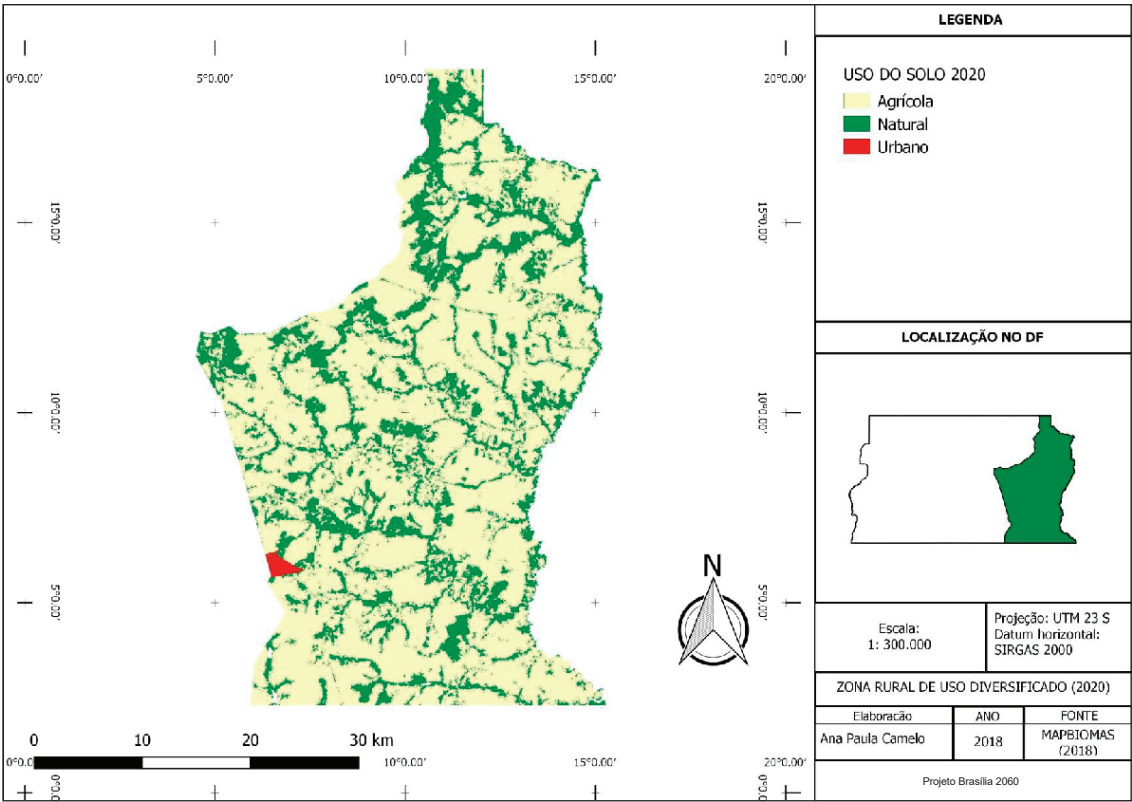
(finalização)		
Tamanho da Janela	Similaridade Mínima	Similaridade Máxima
7X7	0.48	0.54
9X9	0.53	0.55
11X11	0.56	0.57
13X13	0.57	0.61
Macrozona 3		
1X1	0.08	0.17
3X3	0.28	0.31
5X5	0.36	0.51
7X7	0.39	0.59
9X9	0.40	0.62
11x11	0.41	0.68
13X13	0.41	0.74

Fonte: Camelo (2018).

Nos passos oitavo e nono há simulações com as funções patcher e expander. Ao final, no décimo passo é realizada uma simulação para o uso do solo em 2060. O mapa do uso do solo para o DF, que foi recortado nas categorias de zoneamento do PDOT, tem por fonte o *Map Biomas*, conforme já indicado. Para as simulações adotou-se um limite de 0.05 hectares para formação de manchas expansões. Os mapas elaborados formam um conjunto, por zonas do PDOT, para os anos 2020, 2030, 2040, 2050 e 2060, que foram sustentados em análises prévias de uso do solo referidos para os anos de 2015 e 2017. Para efeito deste relato condensado, serão apresentados os mapas correspondentes às simulações dos anos de 2020 e 2060, conforme Mapas 1, 2, 3, 4, 5 e 6. Ressalte-se que não houve tempo hábil, nos limites deste projeto de pesquisa, para uma análise integrada do DF e de elaboração comparativa de resultados com as análises de mapeamento elaboradas a partir dos índices de vegetação.

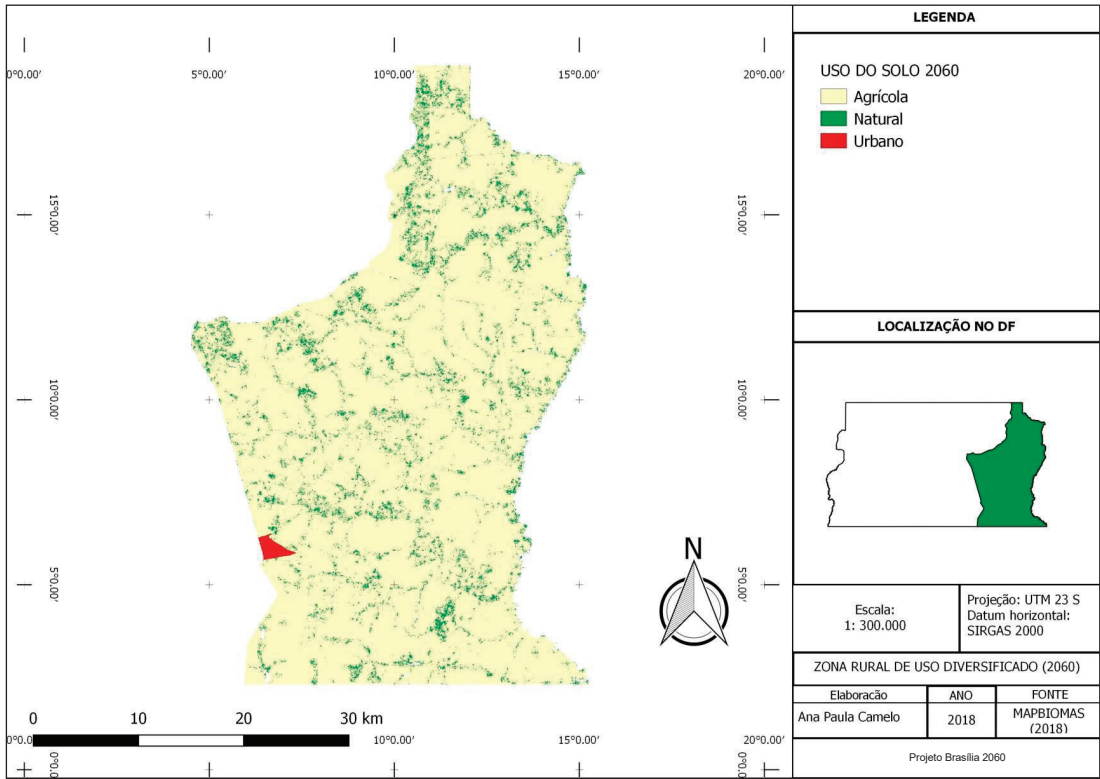
6.2.3 Cartografia de tendências – uso do solo – 2020 – 2060

Mapa 1. Uso do Solo – Zona Rural de Uso Diversificado 2020.



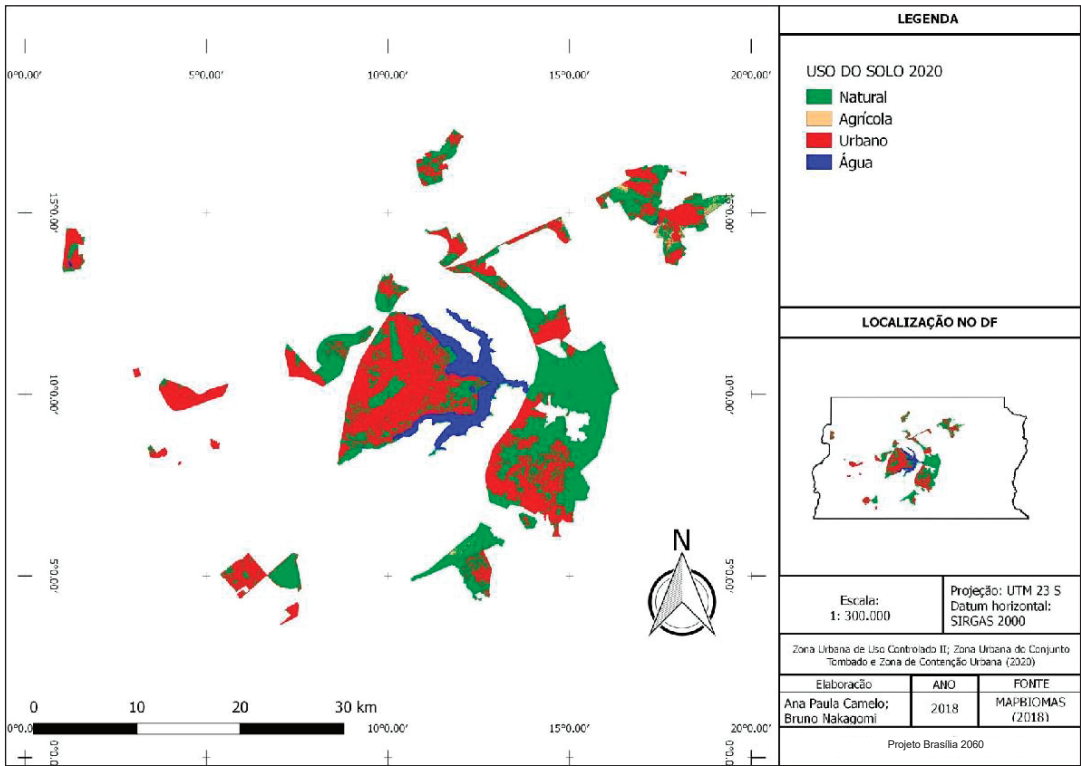
Fonte: Camelo (2018).

Mapa 2. Uso do Solo – Zona Rural de Uso Diversificado 2060.



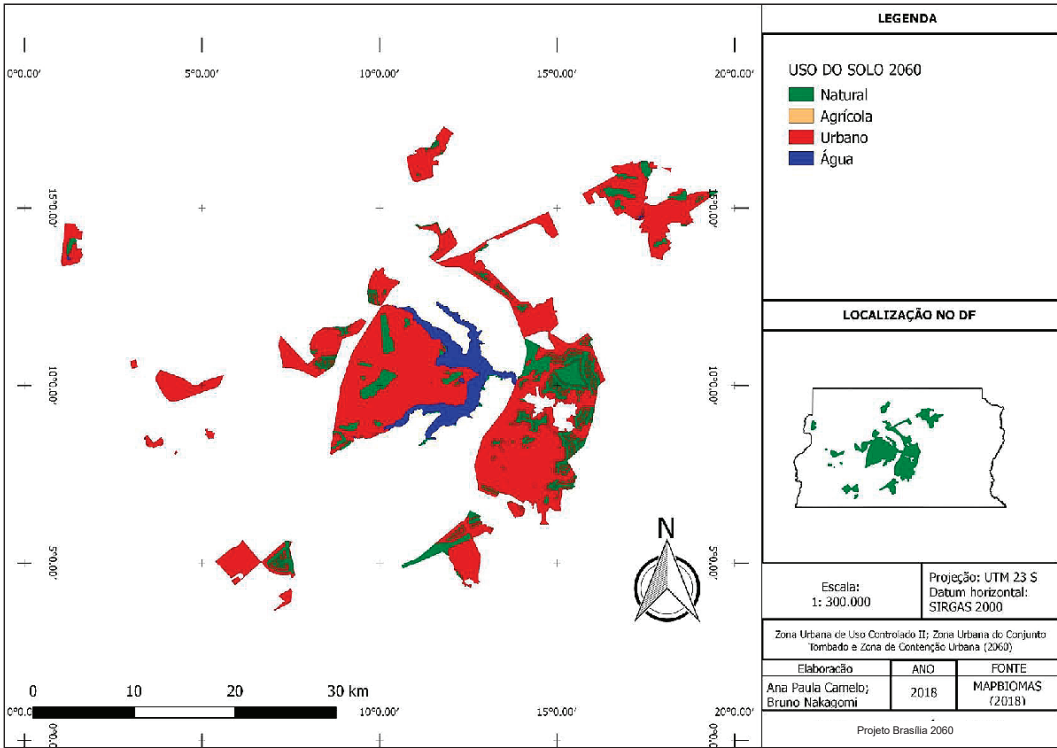
Fonte: Camelo (2018).

Mapa 3. Uso do Solo – Zona Urbana de Uso Controlado II, Zona Urbana do Conjunto Tombado e Zona de Contenção Urbana – 2020.



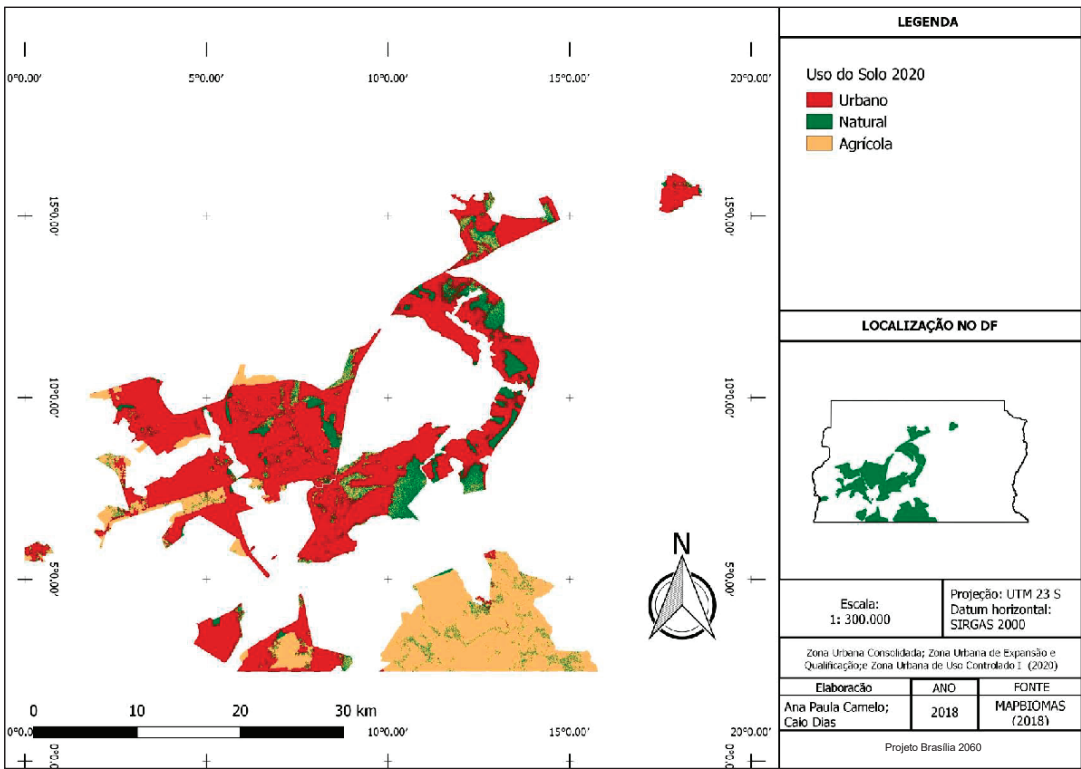
Fonte: Camelo (2018).

Mapa 4. Uso do Solo – Zona Urbana de Uso Controlado II, Zona Urbana do Conjunto Tombado e Zona de Contenção Urbana – 2060.



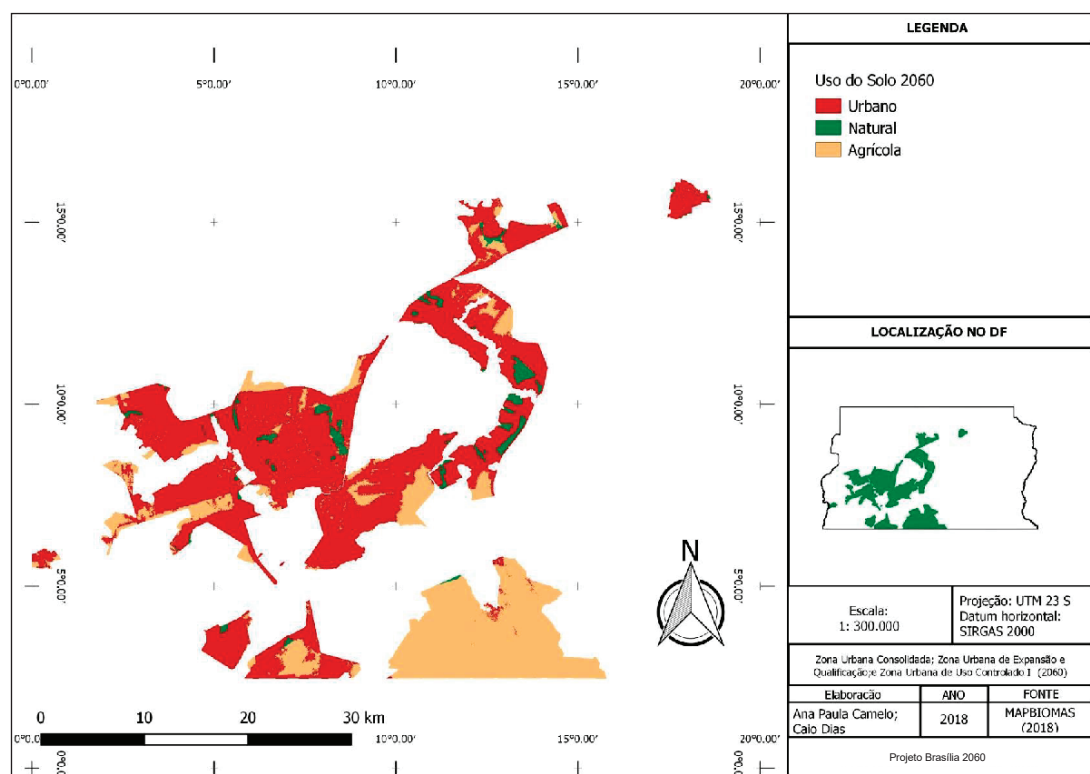
Fonte: Camelo (2018).

Mapa 5. Uso do Solo – Zona Urbana Consolidada, Zona Urbana de Expansão e Qualificação e Zona Urbana de Uso Controlado I – 2020.



Fonte: Camelo (2018).

Mapa 6. Uso do Solo – Zona Urbana Consolidada, Zona Urbana de Expansão e Qualificação e Zona Urbana de Uso Controlado I – 2060.



Fonte: Camelo (2018).

### 6.2.4 Considerações finais do prognóstico

O que o mapeamento de tendências para o DF em 2060 nos indica com clareza, considerando estática a situação das principais unidades de conservação de caráter integral, é que todas as demais zonas terão reduzidas drasticamente as suas manchas atuais de cobertura vegetal natural. Os dados aqui apresentados necessitam ainda de uma tradução quantitativa e de sucessiva análise com cruzamento de outras variáveis.

A partir desses resultados preliminares, pretende-se dar continuidade à investigação, com os seguintes objetivos:

- Solicitar imagens de maior resolução para melhorar a modelagem territorial;
- Analisar o crescimento populacional e o crescimento urbano;
- Analisar as áreas de maior conversão conforme a simulação e propor políticas públicas;
- Analisar as consequências da mudança do uso do solo (Riscos).

## 6.2.5 Considerações finais

Os recortes territoriais de análise criados para esta pesquisa e a exploração das fontes disponíveis públicas para o DF e municípios da AMB permitiram circunscrever dois processos: o da urbanização e o das outras dinâmicas de transformação da paisagem nas zonas selecionadas. A caracterização das zonas de contato intraurbano em relação às áreas protegidas, segundo sua localização no DF, a norte, leste e oeste, indica que o movimento da urbanização se dá em todas as direções referidas, mas com pesos proporcionalmente diferenciados, após os anos 90 do século passado, e com maior expressão no entorno do PNB. Por outro lado, a dinâmica da paisagem não urbana é também significativa, com maior pressão sobre a área da ESECAE. Os dados para o Mosaico do EEJBB demonstram que houve redução drástica de área reflorestada em favor do domínio agrícola e, apesar de menor ritmo de expansão, também está presente a tendência de urbanização.

Em todas as áreas de estudo houve tendência a suprimir as áreas reflorestadas, que foram criadas no passado inicial da ocupação do DF como parte de políticas públicas. Note-se que a criação das UCs dos anos 60, PNB e ESECAE foram instaurações paralelas. Esse fato demonstra que, na atualidade, a manutenção de áreas de reflorestamento (espécies não nativas) com finalidade pública não é mais objeto de interesse prioritário de políticas territoriais.

Um dado relevante e de fácil comparação futura decorre da análise de persistência. Os processos de mudança da paisagem assumem um valor quantitativo e de mapeamento em linha temporal, que traduz a necessidade de verificação mais atenta aos ritmos da ocupação. Sobre as análises de fragmentação da paisagem, fica a indicação da metodologia e da relevância de políticas territoriais com respectivas ações para as zonas de amortecimento de UCs e o enquadramento dessas unidades como áreas núcleos da Reserva da Biosfera do Cerrado, tendo-se em conta as repercussões negativas dos riscos inerentes aos incêndios florestais e erosão.

Sobre as três áreas de estudo (Formosa e CIF; Águas Lindas e PED; Valparaíso de Goiás) dos municípios de Goiás, destacam-se: a pressão sobre recursos hídricos em Formosa, apesar da área da CIF; expansão urbana em Águas Lindas com efeitos diretos sobre o PED; e a expansão urbana intensiva em Valparaíso de Goiás. Os resultados de dados quantitativos e do processo de ocupação que foi mapeado induz à urgente necessidade de políticas territoriais mais integradas entre DF e demais municípios da AMB, além de continuidade de monitoramento.

Sobre a situação hídrica destaca-se a relevância na atualidade do papel das Unidades de Conservação do DF, que tiveram como princípio fundamental de sua criação a conservação de mananciais para o abastecimento público urbano, além da preservação do Cerrado. A análise de transformações da paisagem e do uso do solo que foi realizada demonstra o tipo e a dinâmica das pressões sobre áreas que são cruciais para a qualidade de vida urbana do DF. Faz-se necessário o desdobramento para as demais unidades de conservação da análise que foi elaborada para ESECAE e Formosa. Além disso, sugere-se o aprofundamento das análises das relações entre conservação do Cerrado, usos da terra e balanços hídricos das bacias hidrográficas do DF sujeitas às dinâmicas das transformações da paisagem aqui relatadas.

Note-se, para consideração final, que os resultados deste projeto de pesquisa são positivos diante do que foi proposto, que visava identificar e analisar a situação da expansão urbana e uso da terra no DF e em municípios fronteiriços na AMB. As metodologias utilizadas e os dados e informações processadas que tratam de dinâmicas de longo prazo, 30 anos, e de projeções para 2060, são passíveis de utilização para atualização do quadro relatado, tendo em vista o monitoramento e a construção



de políticas urbanas e territoriais mais equilibradas e ajustadas à preocupante tendência à fragmentação (ou desaparecimento) das paisagens do Cerrado no DF e no restante do território da AMB.

## Referências

### 1. Marcos Metodológicos

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Revista Floresta**, Curitiba, v. 30, n. 1, 2, 45-54, jun/dez. 2000.

BERNARDES, T. **Caracterização do ambiente agrícola do Complexo Serra Negra por meio de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2006, 119p. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/3483>. Acesso em: 05 out 2011.

BRITES, R.S.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, C.A.A.S. Efeitos da estratégia de amostragem na exatidão reportada pelo índice de kappa na classificação de imagens orbitais. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8, Salvador: INPE, 1996.

CALDERANO Filho, B., Júnior, W. C., Calderano, S. B., & Guerra, A. J. T.. SUSCETIBILIDADE DOS SOLOS À EROSÃO NA ÁREA DE ENTORNO DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE TOMBOS (MG). **REVISTA GEONORTE**, v. 5, n. 23, p. 670-675, 2014.

CAMELO, Ana Paula. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, set 2017.

CODEPLAN. **PESQUISA DISTRITAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS - PLANALTINA - PDAD 2015**. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/PDAD-Planaltina-1.pdf>. Acesso em: 13 fev 2020.

DE LA RIVA, J., PÉREZ-CABELLO, F., LANA-RENAULT, N., KOUTSIAS, N. Mapping forest fire occurrence at a regional scale. **Remote Sensing of Environment**, v. 92, p. 363-369, 2004.

DIAS, J.E.; GOMES, O.V.O.; GOES, M.H.B. Impacto ambiental de áreas susceptíveis a erosão do solo sobre áreas potenciais para pecuária no Município Volta Redonda-RJ. *Ágora*, v.13, p.31-42, 2006.

EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal**. Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da X Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

FRANCISCO, C. E. S. et al. Espacialização de análise multicriterial em SIG: prioridades para recuperação de áreas de Preservação Permanente. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 2643-2650.

HERNANI, L.C. et al. A Erosão e seu Impacto. In: MANZATTO, C.V. JUNIOR, E.F; PERES, J.R.R. (Orgs.). **Uso Agrícola dos Solos Brasileiros**. ed 1, Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2002, p. 47-60.

JESUS, E.; 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**, vol.39 no.3 Viçosa May/June 2015. Disponível por meio de <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-67622015000300467&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-67622015000300467&lng=en&nrm=iso)>. Acessado em: 7 abr 2016. DOI: <<http://dx.doi.org/10.1590/0100-67622015000300007>>

JUNIOR, A. T. O agrohidronegócio no centro das disputas territoriais e de classe no Brasil do século XXI. **Campo-território: revista de geografia agrária**, v. 5, n. 10, 2010.

KUPFER, J.A. Landscape ecology and biogeography: rethinking landscape metrics in a post-FRAGS-TATS landscape. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 3, p. 400-420, 2012.

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

LEITÃO, A.B.; AHERN, J. Applying landscape ecological concepts and metrics in sustainable landscape planning. **Landscape and urban planning**, v. 59, n. 2, p. 65-93, 2002.

LISBOA, Leila Sheila Silva. **Padrões de uso e cobertura do solo na Floresta Nacional do Tapajós e seu entorno**. 2015. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, University of São Paulo, Piracicaba, 2015. DOI:10.11606/T.11.2015.tde-22092015-102641. Acesso em: 04 jan 2024.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J.B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas, 1989.Fundação Cargill. p. 99-124.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: **Spatial pattern analysis program for quantifying categorical maps**. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, 1995.

MELLO, G.; Bueno, C. R. P.; Pereira, G. T. Variabilidade espacial de perdas de solo, do potencial natural e risco de erosão em áreas intensamente cultivadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 02, p. 315-322, 2006.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 8, p. 2899-2906, 2007.

OLIVEIRA, D. S. **Zoneamento de risco de incêndios florestais no norte de Santa Catarina**. Curitiba. 112 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

PEDROSA, Bianca Maria; CÂMARA, Gilberto. **Modelagem dinâmica e geoprocessamento**. EMBRAPA: Brasília, DF, Brasil, 2004.

PRADO, F. A. **Sistema hierárquico de classificação para mapeamento da cobertura da terra nas escalas regional e urbana**. [Dissertação de mestrado da Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente]. São Paulo, p. 164, 2009.

PRUDENTE, T. D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

RAHMAN, M.R.; SHI, Z.H.; CHONGFA, C. Soil erosion hazard evaluation – an integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. **Ecological Modelling**, v.220, p.1724-1734, 2009.

REIS, M.H. dos; GRIEBELER, N.P.; SOUZA, P.T.M. de; RABELO, M.W. de O. Mapeamento de áreas de risco à ocorrência da erosão hídrica no Sudoeste Goiano com base na distribuição espacial de chuvas intensas. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária: INPE, 2006. p.219-228.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Cap. 3, 1998, p. 87-166.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; Soares, R. V., BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, p. 561-572. Curitiba, PR, 2008.

ROMERO-RUIZ, M. H.; FLANTUA, S. G. A.; TANSEY, K.; BERRIO, J. C. Landscape transformation in savannas of northern South America: Land use/cover changes since 1987 in the Llanos Orientales of Colombia. **Applied Geography**, v.32, p.766-776, 2012.

SALOMÃO, F. X. T. Controle e prevenção de processos erosivos. In: GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Org.). **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005. p. 229-267.

SANO, E. E., Rosa, R., Brito, J. L. S., & Ferreira, L. G.. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. *Pesquisa agropecuária brasileira*, 43(1), p. 153-156, 2008.

SANTOS, F.P.; BAYER, M.; CARVALHO, T.M. Compartimentação Pedológica da Bacia do Rio dos Bois, Municípios de Cezarina, Varjão, Guapó e Palmeiras de Goiás (GO), e Sua Relação Com a Suscetibilidade e Risco à Erosão Laminar. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, n.2, p.103-124, 2008. Disponível em: < <http://revistas.ufg.emnuvens.com.br/bgg/article/view/5727>>. Acesso em: 13 jan 2016.

SARTORI, A; LOMBARDI NETO, F.; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SEGETH. **Evolução Urbana 1958 a 2015**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#> . Acesso em: 13 jun 2017.

SILVERMAN, B. W. **Density estimation for statistics and data analysis**. London, England: Chapman and Hall. 1986. 175 p.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira; Cerqueira, Gustavo C.; ARAUJO, William L.; VOLL, Eliane. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular. **Megadiversidade**. Vol. 3, n. 1-2, dez. 2007. Disponível em: <http://csr.ufmg.br> Acesso em: 23/12/23.

SOARES, R. V.; BATISTA, A. C. Incêndios Florestais: Controle, Efeitos e Uso do Fogo. Curitiba, PR: UFPR, 2007. 264 p.

TANGERINO, D. F.; LOURENÇO, R. T. Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 4093.

Trindade, S. P., Rodrigues, R. Á. USO DO SOLO NA MICROBACIA DO RIBEIRÃO SAMAMBAIA E SUA RELAÇÃO COM A SUSCETIBILIDADE À EROSÃO LAMINAR. **Revista Geográfica Acadêmica**, v. 10, n. 1, p. 163-181, 2016.

Valladares, G. S., da Silva Gomes, A., Torresan, F. E., Rodrigues, C. A. G., & Grego, C. R. Modelo multicritério aditivo na geração de mapas de suscetibilidade à erosão em área rural. **Pesquisa agropecuária brasileira**, v. 47, n. 9, p. 1376-1383, 2012.

VALLADARES, G.S.; FARIA, A.L.L. SIG na análise do risco de salinização na Bacia do Rio Coruripe, AL. **Engevista**, v.6, p.86-98, 2004.

YESILNACAR, M.I.; SÜZEN, M.L.; KAYA, B.S.; DOYURAN, V. Municipal solid waste landfill site selection for the city of Şanlıurfa-Turkey: an example using MCDA integrated with GIS. M. **International Journal of Digital Earth**, v.5, p.147-164, 2012.

## 2. Situação intraurbana do DF

### 2.1 - Unidades de Conservação do DF e sistema viário

BRASIL, Lei Federal nº 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Dispõe sobre o parcelamento do solo urbano e informa do resguardo da faixa *non aedificandi* ao longo das rodovias estaduais. Disponível em: < [http://sider.der.df.gov.br/modelos termos/Leis/Lei\\_federal\\_6766.pdf](http://sider.der.df.gov.br/modelos termos/Leis/Lei_federal_6766.pdf)>. Acesso em: 16 set 2017.

BRASIL, Ministério dos Transportes, Normas para o projeto das estradas de rodagem. Disponível em: < <http://www.dnit.gov.br/download/rodovias/operacoes-rodoviaras/faixa-de-dominio/normas-projeto-estr-rod-reeditado-1973.pdf>>. Acesso em: 16 set 2017.

Distrito Federal, SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação, **Geoportal – Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE/DF**. Disponível em: <<https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/>>. Acesso em: 12 set 2017.

DISTRITO FEDERAL, CODEPLAN. NOTA TÉCNICA Nº 1/2014 - **Delimitação do Espaço Metropolitano de Brasília (Área Metropolitana de Brasília)**. Codeplan – dezembro de 2014. Disponível em [www://codeplan.df.gov.br](http://www://codeplan.df.gov.br) – Acesso em: 29 ago 2017.

DISTRITO FEDERAL, Decreto n. 27.365 de 1 de novembro de 2006. **Regulamenta a Faixa de Domínio das Rodovias do Sistema Rodoviário do Distrito Federal**. Disponível em: < [http://sider.der.df.gov.br/modelos termos/Leis/Dec\\_DF\\_27365.pdf](http://sider.der.df.gov.br/modelos termos/Leis/Dec_DF_27365.pdf)>. Acesso em: 15 set 2017.

IBGE, Resolução do Presidente N 01/2005 - **Altera a caracterização do Sistema Geodésico Brasileiro**. Disponível em: < [ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos\\_e\\_outros\\_documentos\\_de\\_referencia/normas/rpr\\_01\\_25fev2005.pdf](ftp://geofp.ibge.gov.br/metodos_e_outros_documentos_de_referencia/normas/rpr_01_25fev2005.pdf)>. Acesso em: 15 set 2017.

MMA – Ministério do Meio Ambiente, i3Geo - **Acesse dados geográficos do Brasil e regiões específicas. Gere mapas de forma rápida e simples**. Disponível em: < <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/mma/>>. Acesso em: 15 set 2017.

NAKAGOMI, Bruno. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, out 2017.

### 2.2 - Estação Ecológica de Águas Emendadas – ESECAE

CAMELO, Ana Paula. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, set 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula 10**. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

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

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J.B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas, 1989.Fundação Cargill. p. 99-124.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: **Spatial pattern analysis program for quantifying categorical maps**. Forest Science Department, Oregon State University, Corvallis, 1995.

PEREIRA, J. L. G., BATISTA, G. T., THALÊS, M. C., ROBERTS, D. A., & VENTURIERI, A. Métricas da paisagem na caracterização da evolução da ocupação da Amazônia. **Geografia**, v. 26, n. 1, p. 59-90, 2001.

REIS, M.H. dos; GRIEBELER, N.P.; SOUZA, P.T.M. de; RABELO, M.W. de O. Mapeamento de áreas de risco à ocorrência da erosão hídrica no Sudoeste Goiano com base na distribuição espacial de chuvas intensas. In: SIMPÓSIO DE GEOTECNOLOGIAS NO PANTANAL, 1., 2006, Campo Grande. **Anais**. Campo Grande: Embrapa Informática Agropecuária: INPE, 2006. p.219-228.

SEGETH. **Evolução Urbana 1958 a 2015**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#> . Acesso em: 13 jun 2017.

### 2.3 - Parque Nacional de Brasília – PNB

CENTRE FOR NORTHERM FOREST ECOSYSTEM RESEARCH, Spatial Ecology Program, Patch Analyst. Disponível em: < <http://www.cnfer.on.ca/SEP/>>. Acesso em: 13 jul 2017.

DIAS, Caio. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, out 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10**. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

Governo de Goiás, Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG). Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 16 set 2017.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Fundação Pró-Natureza – Funatura. **Plano de Manejo PARNA** Brasília. S.l., [1998]. Disponível em: < <http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/imgs-unidades-coservacao/PARNA%20Brasilia.pdf>>. Acesso em: 8 jun 2017.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Parna de Brasília**. Disponível em: <<http://www.icmbio.gov.br/portal/parna-de-brasilia?highlight=WyJicmFzXHUwMGVkbGhlIl0=>>>. Acesso em: 7 jun 2017.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Banco de Dados de Queimada**. Disponível em: < <https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas#>>>. Acesso em: 23 set 2017.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do bioma Cerrado In: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P. (ed.). **Cerrado: ambiente e flora**. Brasília, Embrapa Cerrados, 1998. p.87-166.



SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação, Geoportal – Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE/DF. Disponível em: <<https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/>>. Acesso em 23 de junho de 2017.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos, Earth Explorer. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 19 jun 2017.

## 2.4 - Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília - EEJBB

JARDIM BOTÂNICO DE BRASÍLIA. Resumo Executivo do Plano de manejo. [Em linha]. Brasília: JBB, 2010. Disponível em: <<http://www.jardimbotanico.df.gov.br>>. Acesso em: 15 abr 2018.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Programa Queimadas**. Disponível em < <http://www.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: 15 abr 2018.

NAKAGOMI, Bruno. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, jun 2018.

NAKAGOMI, Bruno. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, out 2018.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Cap. 3, 1998, p. 87-166.

SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação, **PDOT - Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal**, 2012. Disponível em: < <http://www.segeth.df.gov.br/plano-diretor-de-ordenamento-territorial/>>. Acesso em: 10 mai 2018.

SEGETH - Secretaria de Estado de Gestão do Território e Habitação, Geoportal – Infraestrutura de Dados Espaciais – IDE/DF. Disponível em: <<https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/>>. Acesso em: 14 abr 2018.

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA. Programa Ecológico de Longa Duração (CNPq) – PELD- Sítio Brasília. Áreas de Estudo (s.d.). Disponível em: [http://www.peld.unb.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=8&Itemid=10](http://www.peld.unb.br/index.php?option=com_content&view=article&id=8&Itemid=10). Acesso em: 07 jun 2019.

## 3. Situação socioeconômica da envolvimento de UCs do DF

### 3.1 - ESECAE

CAMELO, Ana Paula. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, out 2017.

### 3.2 - Parque Nacional de Brasília – PNB

DIAS, Caio. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, dez 2017.

## 3.3 - Mosaico da Estação Ecológica do Jardim Botânico de Brasília - EEJBB

NAKAGOMI, Bruno. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, jun 2018.

## 4. Situação de contato do DF com Municípios Limítrofes da AMB



## 4.1 - UEI de Formosa e CIF

BRITES, R.S.; SOARES, V.P.; RIBEIRO, C.A.A.S. Efeitos da estratégia de amostragem na exatidão reportada pelo índice de kappa na classificação de imagens orbitais. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 8, Salvador: INPE, 1996.

CAMELO, Ana Paula. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, fev 2018.

CAMELO, Ana Paula. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, jun 2018.

CODEPLAN. **PESQUISA DISTRITAL POR AMOSTRA DE DOMICÍLIOS - PLANALTINA - PDAD 2015**. Disponível em: <http://www.codeplan.df.gov.br/wp-content/uploads/2018/02/PDAD-Planaltina-1.pdf>. Acesso em: 13 fev 2020.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

IBGE. **Arranjos populacionais e concentrações urbanas no Brasil**. 2. ed. - Rio de Janeiro. 2016.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE - IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. **16 Years of Scientific Assessment in Support of the Climate Convention**. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2019/03/16th-anniversary-brochure.pdf>. Acesso em: 15 nov 2017.

KUBRUSLY, L. S. Um procedimento para calcular índices a partir de uma base de dados multivariados. **Pesquisa Operacional**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 1, 2001.

KUPFER, J.A. Landscapeecologyandbiogeography: rethinkinglandscapemetrics in a post-FRAGSTATS landscape. **Progress in Physical Geography**, v. 36, n. 3, p. 400-420, 2012.

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

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. J. FRAGSTATS: **Spatial pattern analysis program for quantifying categorical maps**. Forest Science Department, Oregon StateUniversity, Corvallis, 1995.

MOURA, A. C. M. Reflexões metodológicas como subsídio para estudos ambientais baseados em Análise de Multicritérios. **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, v. 8, p. 2899-2906, 2007.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Cap. 3, 1998, p. 87-166.

RIBEIRO, L.; KOPROSKI, L. P.; STOLLE, L.; LINGNAU, C.; Soares, R. V., BATISTA, A. C. Zoneamento de riscos de incêndios florestais para a fazenda experimental do Canguiri, Pinhais (PR). **Revista Floresta**, v. 38, n. 3, p. 561-572. Curitiba, PR, 2008.

SALOMÃO, F.X.T. Controle e prevenção dos Processos Erosivos. In: GUERRA, A.J.T.; SILVA, A.S.; BOTELHO, R.G.M. (Orgs) 1999. **Erosão e Conservação dos Solos: Conceitos, Temas e Aplicações**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340p.

SANO, E. E., ROSA, R., BRITO, J. L. S., & FERREIRA, L. G.. Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado. **Pesquisa agropecuária brasileira**, 43(1), p. 153-156, 2008.

SANTOS, F.P.; BAYER, M.; CARVALHO, T.M. Compartimentação Pedológica da Bacia do Rio dos Bois, Municípios de Cezarina, Varjão, Guapó e Palmeiras de Goiás (GO), e Sua Relação Com a Suscetibilidade e Risco à Erosão Laminar. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 28, n.2, p.103-124, 2008. Disponível em: < <http://revistas.ufg.emnuvens.com.br/bgg/article/view/5727>>. Acesso em: 13 jan 2016.

SEGETH. Evolução Urbana 1958 a 2015. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#> . Acesso em: 13 jun 2017.

Soares-Filho, B. S., Rodrigues, H. O., and Costa, W. L. Trad. Lima, S. **Modelagem de dinâmica Ambiental com DINAMICA EGO**. Centro de Sensoriamento Remoto. 2009. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SOARES-FILHO, B.S., ARAÚJO, A., CERQUEIRA, G.C.. DINAMICA – Um software para simulação de dinâmica de paisagens. In: Workshop em Tratamento de Imagens, NPDI/DCC/UFGM, 2, **Anais...**2001.

SOUZA, S. M. C. Expansão Metropolitana, Agricultura Moderna e Desigualdades Socioespaciais na Rede-DF. **Baru**, v. 3, n. 1, p. 71-94, 2017

TANGERINO, D. F.; LOURENÇO, R. T. Comparação da exatidão de métodos de classificação supervisionada e não supervisionada a partir do índice kappa na microbacia do Ribeirão Duas Águas em Botucatu/SP. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR. 2013, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2013, p. 4093.

#### 4.2 - Águas Lindas de Goiás – Parque Estadual do Descoberto (PED)

DIAS, Caio. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, fev 2018.

Governo de Goiás, **Sistema Estadual de Geoinformação (SIEG)**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em 16 de dezembro de 2017.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de Manejo APA Bacia do Rio Descoberto**. Brasília: 2014. Disponível em: <[http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/apa\\_bacia\\_do\\_rio\\_descoberto\\_pm\\_encartes\\_12\\_e\\_3.pdf](http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/docs-planos-de-manejo/apa_bacia_do_rio_descoberto_pm_encartes_12_e_3.pdf)>. Acesso em: 08 dez 2017.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Banco de Dados de Queimada**. Disponível em: <<https://prodwww-queimadas.dgi.inpe.br/bdqueimadas#>>. Acesso em 23 jan 2018.

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformação,, SIG – **Shapefiles**, Disponível em : <<http://www2.sieg.go.gov.br/pagina/ver/11585/downloads>>. Acesso em: 23 jan 2018.

USGS - Serviço Geológico dos Estados Unidos, **Earth Explore**. Disponível em: <<https://earthexplorer.usgs.gov/>>. Acesso em: 19 jun 2017.

#### 4.3 - Valparaíso de Goiás

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Miscelânea, 1).

IBGE. **Valparaíso de Goiás**. (2018) Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/go/valparaiso-de-goias/panorama>. Acesso em: jan 2019.

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, **Programa Queimadas**. Disponível em: < <http://www.inpe.br/queimadas/portal>>. Acesso em: 15 abr 2018.

NAKAGOMI, Bruno. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: IBICT, junho, 2018.

PRUDENTE, T. D. **Geotecnologias aplicadas ao mapeamento de risco de incêndio florestal no Parque Nacional da Chapada dos Veadeiros e área de entorno**. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. Fitofisionomias do Bioma Cerrado. In: Sano, S. M.; ALMEIDA, S. P. (eds.). **Cerrado: Ambiente e Flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, Cap. 3, 1998, p. 87-166.

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformações. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: 12 mar 2018.

VALPARAISO DE GOIÁS (GO). Prefeitura. **Histórico**. Disponível em: <http://www.valparaisodegoias.go.gov.br/pagina/274-historico>. Acesso em: jan 2019.

## 5. Questão Hídrica e usos da terra – ESECAE/DF e Formosa/GO

CAMELO, Ana Paula. **Relatório de pesquisa**. Projeto Brasília 2060. Brasília: Ibict, jun 2018.

DIAS, J. E., GOMES, O. V. O., REZENDE, A. S., SALLES, R. R. E GÓES, M. H. B. Áreas críticas de erosão do solo no município de Volta Redonda - RJ, **Caminhos de Geografia** – Volta Redonda: Revista on line, 2005.

EMPRESA BRASILEIRA E PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Distrito Federal. Rio de Janeiro**, Embrapa-SNLCS, 1978. 455p. (Boletim Técnico, 53)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Súmula da 10ª Reunião Técnica de Levantamento de Solos**. Rio de Janeiro, 1979. 83p. (EMBRAPA-SNLCS. Micelânea, 1).

JUNIOR, A. T. O agrohídronegócio no centro das disputas territoriais e de classe no Brasil do século XXI. **Campo-território: revista de geografia agrária**, v. 5, n. 10, 2010.

LOMBARDI NETO, F.; BELLINAZZI JÚNIOR, R.; GALETI, P. A.; BERTOLINI, D.; LEPSCH, I. F.; OLIVEIRA, J.B. Nova abordagem para cálculo de espaçamento entre terraços. **Simpósio sobre terraceamento agrícola**. Campinas, 1989. Fundação Cargill. p. 99-124.

MULLER, C. R. **Avaliação de susceptibilidade à inundações utilizando geotecnologias para a bacia hidrográfica do rio cachoeira, Joinville/SC** (Dissertação Mestrado Profissional em Planejamento Territorial e Desenvolvimento Socioambiental). Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis (2012).

NETO, G. B. S., BAYMA, A. P., NETO, S. B., ROIG, H. L., & MENEZES, P. H. B. J. Análise de susceptibilidade a alagamento na bacia hidrográfica do Riacho Fundo–Distrito Federal por meio de Sistemas de Informação Geográfica–SIG. **Territorium**, n. 24, p. 77-87, 2017.

NATURAL RESOURCES CONSERVATION SERVICE (NRCS). Hydrology. In: National Engineering Handbook.1972.

RAGAN, R M.; Jackson, T J. Runoff Synthesis Using Landsat and SCS Model, **Journal of Hydrology**, Divn., ASCE, Vol. 106 (HYS5): 667-678. 1980.

SARTORI, A; LOMBARDI NETO, F; GENOVEZ, A. M. Classificação hidrológica de solos brasileiros para a estimativa da chuva excedente com o método do Serviço de Conservação do Solo dos Estados Unidos Parte 1: Classificação. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 10, n. 4, p. 05-18, 2005.

SEGETH. **Evolução Urbana 1958 a 2015**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#> . Acesso em: 13 jun 2017.

SIEG – Sistema Estadual de Geoinformações. Disponível em: < <http://www.sieg.go.gov.br/>>. Acesso em: jun 2018.

USDA - Soil Conservation Service (SCS). Urban Hydrology for Small Watersheds. **TR-55**. 1986. Disponível em: <[https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044171.pdf)> Acesso em: jun 2018.

## 6. Situação DF: prognóstico de usos futuros até 2060

ALLEN R., TASUMI M., TREZZA R. SEBAL Surface Energy Balance Algorithm for Land. **Advanced Training and Users Manual**. Idaho Implementation, version 1.0. 2002.

BONHAM-CARTER, G. F. Geographic information systems for geoscientists-modeling with GIS. **Computer methods in the geoscientists**, v. 13, p. 398, 1994.

CESSA, R. M. A. Ocupação por posseiros e alteração da vegetação em marãiwatsédé, terra indígena xavante. **Revista geografa**, 13(1), 119-134. 2018.

HUETE A.R.. A soil ajusted vegetation index (SAVI). **Remote Sensing Environment**. vol. 25, n. 3, p. 295-309, 1988.

MAPBIOMAS. Disponível em: <http://mapbiomas.org>. Acesso em: 15 set 2018.

REZENDE, F S; RODRIGUEZ, D. A.; CARRIELLO F. A expansão da cultura de eucalipto na região do vale do paraíba e sua relação com as características hidrológicas da bacia. 2014 .

SEGETH. **Evolução Urbana 1958 a 2015**. Distrito Federal, 2017. Disponível em: <https://www.geoportal.segeth.df.gov.br/mapa/#> . Acesso em: 13 jun 2017.

SOARES-FILHO, Britaldo Silveira; Cerqueira, Gustavo C.; ARAUJO, William L.; VOLL, Eliane. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular. **Megadiversidade**. Vol. 3, n. 1-2, dez. 2007. Disponível em: <http://csr.ufmg.br> Acesso em: 23 dez 2023.

SOARES-FILHO, B. S., Rodrigues, H. O., and Costa, W. L. Trad. Lima, S. **Modelagem de dinâmica Ambiental com DINAMICA EGO**. Centro de Sensoriamento Remoto. 2009. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG.

SOARES-FILHO, B.S., ARAÚJO, A., CERQUEIRA, G.C.. DINAMICA – Um software para simulação de dinâmica de paisagens. In: Workshop em Tratamento de Imagens, NPDI/DCC/UFMG, 2, **Anais...**2001.

SOARES-FILHO, B.S.; CERQUEIRA, G.C.; ARAÚJO, W. L.; VOLL, E. Modelagem de dinâmica de paisagem: concepção e potencial de aplicação de modelos de simulação baseados em autômato celular.

In: **Ferramentas para modelagem da distribuição de espécies em ambientes tropicais**. Albernaz A. L., Silva J. M. C. da, Valeriano, D. (editores) Editora Museu Paraense Emílio Goeldi. 2004.

SOARES-FILHO, B.S., PENNACHIN, C.L., CERQUEIRA, G. DINAMICA – a stochastic cellular automata model designed to simulate the landscape dynamics in an Amazonian colonization frontier. **Ecological Modelling**, n.154, p. 217-235, 2002.