

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

## **Análise de cenário de desmatamento para o estado de Goiás**

Estudante: Maria Luíza Corrêa Brochado, matrícula 10/01701

Orientador: Prof. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Projeto de pesquisa apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

Brasília- DF, junho de 2014

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA  
FACULDADE DE TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

## **Análise de cenário de desmatamento para o estado de Goiás**

Estudante: Maria Luíza Corrêa Brochado, matrícula: 10/01701

RG: 2647516 SSP-DF

CPF: 033.972.921 - 07

Linha de pesquisa: Modelagem aplicada à Ciência Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi

Projeto de pesquisa apresentado ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade de Brasília, como parte das exigências para obtenção do título de Engenheira Florestal.

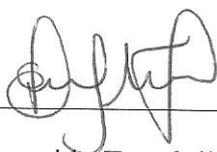
Brasília, 7 julho de 2014

## **Análise de cenário de desmatamento para o estado de Goiás.**

Estudante: Maria Luíza Corrêa Brochado, matrícula 10/01701

Menção: 55

**Aprovado por:**

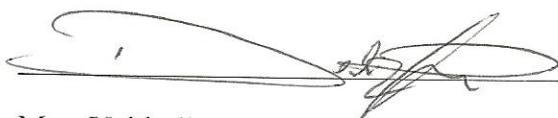


Prof. Dr. Eraldo Aparecido Trondoli Matricardi - UnB/ EFL

(Orientador)



Msc. Taiguara Raiol Alencar – Cooperação Técnica Alemã - GIZ – Embaixada da Alemanha



Msc. Valderli Jorge Piontekowski – Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia - IPAM

Brasília, 7 de julho de 2014

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus que me deu saúde e que colocou em meu caminho pessoas especiais que contribuíram para a construção e aperfeiçoamento da minha personalidade.

Agradeço hoje e sempre a minha mãe, Maria de Fátima Correa, que sempre esteve ao meu lado e me ajudou a ponderar os momentos de incerteza e fraqueza e que sempre celebrou minhas alegrias, mesmo que pequenas.

Agradeço aos meus irmãos, Laura e Marcelo, que sempre me acompanham na longa caminhada da vida, tornando-a mais prazerosa.

Agradeço aos meus colegas de curso, que aliviaram o peso do fardo sempre com palavras de alegria e consolo. A amizade de vocês e nossas histórias serão levadas para a vida.

Agradeço as diversas oportunidades de estágio, especialmente ICMBio, SFB, WWF e GIZ, que me proporcionaram o conhecimento técnico e pessoal. Com essa bagagem pude descobrir quais direções seguir na área tão abrangente que é a Engenharia Florestal.

Agradeço ao Prof. Dr. Eraldo Matricardi pela paciência e disposição constantes na realização desse trabalho. Também pelos ensinamentos, por ser um professor exemplar e pela amizade. Muito obrigada pela contribuição em minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Ao Msc. Valderli Piontekowski, pela imensa ajuda para decifrar o DINAMICA EGO.

Assim agradeço também aos que aqui não foram citados, mas que de alguma forma contribuíram para que hoje eu possa dizer, enfim Engenheira.

## **Resumo**

O Cerrado é o segundo maior bioma do País. Ocupa principalmente a região mais central do Brasil e possui aproximadamente 203 milhões de hectares (25% do território) (IBGE). Conta com grande diversidade biológica e presta serviços ambientais essenciais na regulação do ciclo hidrológico.

Além dos aspectos ambientais, o Cerrado tem grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, quilombolas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras, vazanteiros que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade.

Se, por um lado, com a antropização desse bioma, o país alcançou um respeitável patamar econômico, sobretudo pela elevada produção de grãos, carnes e derivados (commodities no mercado externo), por outro, hoje já se reconhece que uma significativa parcela de sua biodiversidade foi perdida (ou simplesmente não foi identificada a tempo), com o risco de extinção ainda presente.

Muitos são os fatores que contribuem para a devastação do Cerrado. Entre eles pode-se citar: o processo de carvoarias, a preferência pela agropecuária extensiva, a transformação local em pastagens, o inchaço das áreas urbanas, plantações de soja direcionadas ao mercado externo, bem como o cultivo da cana-de-açúcar (bioenergia), algodão, eucalipto (celulose) e queimadas.

A região delimitada para o presente estudo é o estado de Goiás (estando inserido o Distrito Federal), por estar quase inteiramente inserido no cerrado, possuir a terceira maior área de vegetação entre os estados abrangidos pelo bioma, ocupar a nona posição entre as maiores economias do país e possuir perfil produtivo predominante na atividade agropecuária.

Frente ao acelerado desmatamento no bioma, o presente estudo tem como objetivo modelar esse fenômeno no período de 2013 a 2040 para o estado de Goiás.

Para construção do modelo, foram utilizadas informações de solos, centros urbanos, declividade, altitude, rodovias, desmatamento no período de 2008 a 2010 e unidades de conservação, bem como, Terras Indígenas.

Os dados foram preparados em ambiente ArcGis 10.2 e depois as projeções de desmatamento foram geradas no software DINAMICA EGO. A resolução espacial utilizada foi de 120 metros.

O modelo foi regionalizado por municípios. Optou-se por esse tipo de regionalização, pois o estado de Goiás vivencia uma grande explosão demográfica e um maior peso foi dado ao componente socioeconômico.

A matriz de transição gerada para o modelo sem regionalização indicou que foram desmatados no estado de Goiás 10,4% de vegetação nativa no período de dois anos (2008 a 2010).

A matriz de transição anual indica que foram desmatados 5,3% de vegetação nativa ao ano.

Na geração de pesos observou-se que as variáveis mais determinantes para o fenômeno foram a distancia de centros urbanos, distancia de Rodovias e distancia do desmatamento.

Os mapas de simulação e probabilidade gerados na simulação do modelo retrataram bem o desmatamento em 2010 em relação ao mapa referencia e indicaram as regiões de áreas de proteção integral e terras indígenas como baixas probabilidades de desmatamento e regiões de uso sustentável, em especial APA, com maiores probabilidades de ocorrência de desmatamento.

Na validação do modelo as maiores similaridades foram encontradas para as janelas com tamanho de 13 x 13 pixels.

Na simulação para o ano de 2040 verificou-se uma área desmatada de 275.064,7 Km<sup>2</sup>. Apesar de as taxas de desmatamento calculadas nas matrizes de transição serem relativamente altas, o resultado final corrobora os estudos de diversas entidades acerca do desaparecimento do bioma até o ano de 2030.

## **ABSTRACT**

Cerrado's it's the second large biome in country. Mainly occupies the central area in Brazil and has approximately 203 million hectares (24% of the territory) (IBGE). Has a great biological diversity and provides environmental services essential in regulating the hydrological cycle. Beyond environmental aspects, Cerrado's has a great social importance.

Many groups survives of is natural resources, including indigenous groups, quilombolas, geraizeiros, riparians, babaqueiras, vazanteiros which together make part of Brazilian historical and cultural heritage and hold traditional knowledge of biodiversity.

If, on the one hand, with the anthropization of this biome the country achieved a respectable economic level, especially for high grain yield, meat and meat products (commodities in foreign markets) by the other hand today it is recognized that a significant portion of this biodiversity has been lost (or simply was not identified betimes), the risk of extinction still present.

Many factors contribute to the deforestation of Cerrado biome. Among them can mentioned : the process of charcoal production, preference for extensive farming, the conversion in to pasture, growth of urban areas,, soybean crops targeted to foreign markets as well as sugarcane cultivation (bioenergy),cotton, eucalyptus (cellulose) and burned areas.

The study area is the state of Goias. Goias was choosing for been almost fully inserted in biome, possess the third largest area of vegetation between the states covered, occupy the ninth position among the country's biggest economy and have predominant productive agricultural activities.

Given the reckless deforestation in the biome, the present study aims to model this phenomenon in the period 2013 - 2040 for the state of Goias.

To build this model, was used soils, urban centers, slope, elevation and roads information's, deforestation data (2008 – 2010) and protected areas as well indigenous territory.

Those data was prepared in ArcGIS 10.2 environmental and the deforestation projection's was developed in DINAMICA EGO software. Was used the spatial resolution of 120 m.

The model was regionalized by municipalities. That choice was decided due to state of Goias experienced a great demographic explosion and a greater weight was given to the socioeconomic component.

The transition matrix generated rates for the non –regionalized model indicated a rate of 10,4%of deforestation for global period (2008 – 2010).For each year, the rate was 5,3%.

The variables with biggest weight were distance to urban centers, distance to roads and distance to deforestation.

Probabilities and simulation map's generated in simulation model was well pattern compared with base map of 2010. Regarding protected areas, APA was the class most aid for deforestation. Indigenous territory was the most inhibition area.

In validation model, the most resemblance was found for the windows with special resolution of 13 x 13 pixels.

Based on projection to 2040, it has been calculated 275064.7 Km<sup>2</sup> of deforestation area. Although rates are relatively high, the result corroborates with many studies of several institutes concerning about the disappearance of Cerrado's biome.

## **SIGLAS**

MMA – Ministério do Meio Ambiente

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

CSR/IBAMA – Centro de Sensoriamento Remoto IBAMA

SEMARH/GO – Secretaria Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos de Goiás

CI-Brasil – Conservação Internacional

IUCN - União Internacional para a Conservação da Natureza

Conabio - Comissão Nacional de Biodiversidade

PROBIO - Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira

RL – Reserva Legal

IMB/GO – Instituto Mauro Borges

PAM – Produção Agrícola Municipal

CAR – Cadastro Ambiental Rural

RPPN – Reserva Particular do Patrimônio Natural

SNUC - Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza

PMDBBS - Projeto de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por Satélite.

## Sumário

<b>1. Justificativa</b> .....	<b>13</b>
<b>2. Hipótese</b> .....	<b>15</b>
<b>3. Objetivo</b> .....	<b>15</b>
<b>4. Revisão da literatura</b> .....	<b>15</b>
4.1. Caracterização .....	15
4.2. Conservação .....	17
4.3. Histórico de ocupação .....	22
4.4. Contexto de Goiás .....	25
<b>5. Materiais e métodos</b> .....	<b>26</b>
5.1. Área de estudo .....	26
5.2. Metodologia .....	27
5.3. Geração das matrizes de transição .....	36
5.4. Calibração do modelo .....	37
5.5. Simulação do desmatamento .....	38
5.6. Validação do modelo .....	39
5.7. Projeção dos cenários futuros .....	39
<b>6. Discussão e conclusão</b> .....	<b>40</b>
6.1. Dados de entrada do modelo .....	40
6.2. Simulação e Validação .....	48
6.3. Projeção do desmatamento .....	50
6.4. Recomendações para redução do desmatamento .....	54
6.5. Recomendações para melhorar o modelo de projeção do desmatamento .....	55
<b>7. Referências bibliográficas</b> .....	<b>55</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Cerrado no Brasil.....	16
Figura 2- Biomas no Brasil.....	17
Figura 3- Biomas localizados em Goiás.....	18
Figura 4 - Unidades de Conservação no Cerrado.....	21
Figura 5 - Situação das Unidades de Conservação em Goiás.....	22
Figura 6- Localização do estado de Goiás.....	27
Figura 7 - Mapa de solos.....	31
Figura 8 - Mapa de áreas protegidas.....	32
Figura 9 - Mapa de distancia da rede viária.....	33
Figura 10- Mapa de distancia dos centros urbanos.....	34
Figura 11 - Mapa do Modelo Digital de Elevação.....	35
Figura 12 - Mapa da declividade.....	36
Figura 13 - Edição de pesos no DINAMICA.....	38
Figura 14 - Pesos de evidencia para a variável Distancia das áreas desmatadas.....	41
Figura 15 - Pesos de evidencia para a variável Distancia das áreas desmatadas.....	41
Figura 16 - Pesos de evidencia para a variável Áreas Protegidas.....	42
Figura 17 - Pesos de evidencia para a variável Distancia das estradas.....	42
Figura 18 - Taxa de Crescimento Populacional Anual – 2000/2010.....	43
Figura 19 - Pesos de evidencia para a variável Altitude (DEM).....	44
Figura 20 - % de Áreas aptas a agricultura.....	45
Figura 21 - Mapa de Aptidão Agrícola e altitude.....	46
Figura 22 - Pesos de evidencia para a variável declividade (SLOPE).....	46
Figura 23 - Pesos de evidencia para a variável solos.....	47
Figura 24 - % de solos para o estado de Goiás.....	47
Figura 25 - Mapa de probabilidade de desmatamento.....	49
Figura 26 - Mapa de simulação para o ano de 2010.....	49
Figura 27 - Projeção do desmatamento para 2040.....	51
Figura 28 - Taxa de desmatamento 2013 - 2040.....	52
Figura 29 - Desmatamento municipal 2013 - 2040.....	54

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de vegetação suprimida no Cerrado até o ano de 2010, tendo como referência a área total do bioma de 2.039.386 km <sup>2</sup> (IBMA/MMA 2010). .....	14
Tabela 2 - . Taxa de crescimento do produto interno bruto do estado de Goiás e do Brasil - % (IBGE e IMB,2012). .....	25
Tabela 3- Evolução do PIB da agropecuária – Goiás e Brasil - % (IBGE e IMB, 2012). .....	26
Tabela 4 - Etapas utilizadas para obtenção dos cenários simulados e projetados. ....	36
Tabela 5 - Matriz de transição global (2008 – 2010). ....	40
Tabela 6 - Matriz de transição anual (2008 – 2010). .....	40
Tabela 7 - Similaridade de Fuzzy. ....	50

## 1. Justificativa

Bioma é um conjunto de vida (vegetal e animal) constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação contíguos e identificáveis em escala regional, com condições geoclimáticas similares e história compartilhada de mudanças, o que resulta em uma diversidade biológica própria (IBGE).

O Cerrado é o segundo maior bioma do País. Ocupa principalmente a região mais central do Brasil e possui aproximadamente 203 milhões de hectares (25% do território) (IBGE, 2004). O Cerrado é uma das savanas de maior biodiversidade do planeta e com grande concentração de espécies endêmicas (MMA, 2014). É caracterizado por uma vegetação tipo savana, subclassificada em cerradão (maior porte arbóreo), cerrado, campo sujo e campo limpo, entremeados por matas de galerias, florestas estacionais, campos rupestres e veredas de buritis (MMA, 2009). O Cerrado possui grande diversidade biológica e presta serviços ambientais essenciais na regulação do ciclo hidrológico. De fato, as cabeceiras das principais bacias hidrográficas do Brasil (Araguaia, Tocantins, Xingu, Tapajós, Paraguai e São Francisco) estão situadas nesse bioma. O Cerrado está fortemente ameaçado pela expansão agrícola desordenada. (MMA, 2009)

Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo (MMA, 2014). Existe uma grande diversidade de habitats, que determinam uma notável alternância de espécies entre diferentes fitofisionomias. (MMA, 2012).

Além dos aspectos ambientais, o Cerrado tem grande importância social. Muitas populações sobrevivem de seus recursos naturais, incluindo etnias indígenas, quilombolas, geraizeiros, ribeirinhos, babaqueiras, vazanteiros e comunidades quilombolas que, juntas, fazem parte do patrimônio histórico e cultural brasileiro, e detêm um conhecimento tradicional de sua biodiversidade (MMA, 2014). Mais de 220 espécies têm uso medicinal e mais 416 podem ser usadas na recuperação de solos degradados, como barreiras contra o vento, proteção contra a erosão, ou para criar habitat de predadores naturais de pragas. (MMA, 2014)

Entretanto, mesmo com essa riqueza e tamanho, o Cerrado é um dos ambientes mais ameaçados do mundo. Restam apenas 50% (**Tabela 1**) e a expansão das atividades antrópicas, em especial a agropecuária, pressiona cada vez mais as áreas nativas. (MMA/IBAMA 2010).

Tabela 1 - Estimativa de vegetação suprimida no Cerrado até o ano de 2010, tendo como referência a área total do bioma de 2.039.386 km<sup>2</sup> (IBMA/MMA 2010).

<b>Classe</b>	<b>Até 2009</b>	<b>Até 2010</b>
Vegetação suprimida	48,22%	48,54%
Vegetação remanescente	51,16%	50,84%
Corpos d'água	0,62%	0,62%

Tais características caracterizam o cerrado como *hotspot*. *Hotspot* é, portanto, toda área prioritária para conservação, isto é, de alta biodiversidade e ameaçada no mais alto grau (CI, 2012). É considerada *Hotspot* uma área com pelo menos 1.500 espécies endêmicas de plantas e que tenha perdido mais de 3/4 de sua vegetação original (CI, 2012).

Estima-se que 20% das espécies nativas e endêmicas já não ocorram em áreas protegidas e que pelo menos 137 espécies de animais que ocorrem no Cerrado estão ameaçadas de extinção (MMA, 2014). Depois da Mata Atlântica, o Cerrado é o bioma brasileiro que mais sofreu alterações com a ocupação humana (MMA, 2014). Com a crescente pressão para a abertura de novas áreas, visando incrementar a produção de carne e grãos para exportação, tem havido um progressivo esgotamento dos recursos naturais da região (MMA, 2014). Nas três últimas décadas, o Cerrado vem sendo degradado pela expansão da fronteira agrícola brasileira (MMA, 2014). Além disso, o bioma Cerrado é palco de uma exploração extremamente predatória de seu material lenhoso para produção de carvão (MMA, 2014).

Logo, a situação do cerrado tem sido foco de estudos e alertas para que as políticas públicas e a consciência ambiental prestem a devida atenção para a conservação dos seus recursos naturais.

O estado de Goiás tem apresentado ganhos de participação na riqueza gerada nos últimos anos, e em virtude disso, a expansão da agricultura, pecuária e as carvoarias têm destruído áreas de preservação do Cerrado (CASTRO, 2013). Mais da metade dos municípios goianos mantém menos de 20% de mata nativa (SEMARH/GO, 2012). O desmatamento avança sobre reservas legais nas propriedades rurais do Estado, contrariando a legislação que prevê a manutenção de matas nativas de Cerrado (CASTRO, 2013). A intensidade do crescimento econômico tem levado a destruição da cobertura vegetal do cerrado no estado de Goiás (CASTRO, 2013).

Diante da importância do Cerrado, objetiva-se entender o fenômeno do desmatamento, identificar seus vetores e áreas de alta incidência. De posse dessas informações pode-se recomendar medidas de mitigação que visem o melhor planejamento e gerenciamento do uso do solo e recursos naturais.

## 2. Hipótese

Pressuposto: O processo de conversão em andamento no bioma Cerrado pode ser explicado pela combinação dos elementos fisiográficos e de infraestrutura, bem como pela proximidade das áreas já convertidas.

Hipótese: O entendimento da dinâmica desses elementos na paisagem possibilita a elaboração de cenários futuros para este bioma.

Hipótese nula: As variáveis fisiográficas, de infraestrutura e a proximidade de áreas já convertidas não têm influência na dinâmica do desmatamento.

## 3. Objetivo

Modelar o desmatamento para a região de Goiás (somada à região do DF) no período de 2013 a 2040, analisando as variáveis que mais influenciaram a modelo e suas consequências.

## 4. Revisão da literatura

### 4.1. Caracterização

O Bioma Cerrado possui uma área de aproximadamente 203 milhões de hectares, segundo IBGE (2004), ocupando porção central do Brasil. É o segundo maior bioma da América do Sul, ocupando cerca de 30% do território nacional. A sua área contínua incide sobre os estados de Goiás, Tocantins, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Bahia, Maranhão, Piauí, Rondônia, Paraná, São Paulo e Distrito Federal (**Figura 1**), além dos enclaves no Amapá, Roraima e Amazonas.

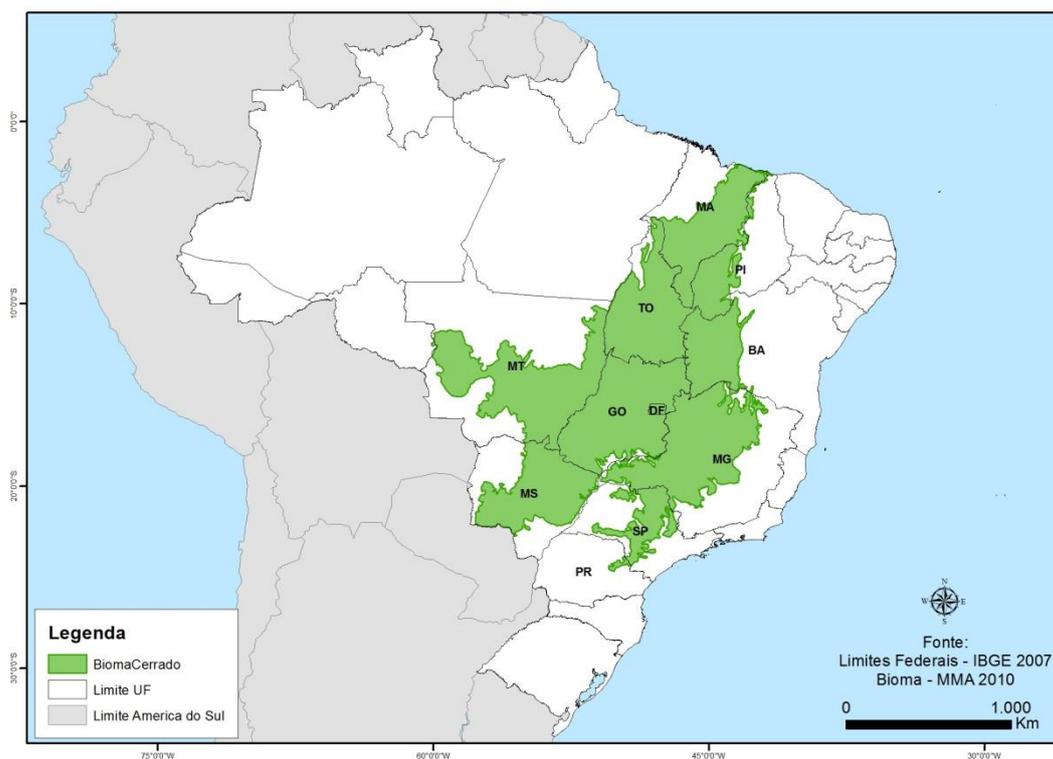


Figura 1- Cerrado no Brasil.

Neste espaço territorial encontram-se as nascentes das três maiores bacias hidrográficas da América do Sul (Amazônica/Tocantins, São Francisco e Prata), o que resulta numa grande disponibilidade de recursos hídricos.

Cerrado é o nome regional dado às savanas brasileiras. Savanas são regiões planas cuja vegetação predominante são gramíneas, com árvores esparsas e arbustos isolados ou em pequenos grupos. Normalmente, as savanas são zonas de transição entre bosques e prados.

Savanas ocupam cerca de 20% da superfície terrestre, com presença marcante na América do Sul, África e Oceania, num gradiente vegetacional subdividido em herbáceo, arbustivo e arbóreo (FERREIRA, 2009).

No Brasil, as savanas (ou bioma Cerrado) cobriam, originalmente, 22% do território, distribuídas de forma contínua por 10 Unidades da Federação, além do Distrito Federal (IBGE, 2004). O estado com a maior presença de Cerrado era Goiás (97% do território), seguido por Tocantins (92%) e o Maranhão (65%) (MMA, 2009).

Do ponto de vista da diversidade biológica, o Cerrado brasileiro é reconhecido como a savana mais rica do mundo, abrigando nos diversos ecossistemas uma flora com mais de

11.000 espécies de plantas nativas (MENDONÇA et. al, 2008), das quais 4.400 são endêmicas (MYERS et al., 2000).

O solo do cerrado é muito antigo, ácido e pobre em nutrientes, no entanto, a falta de nutrientes do solo pode ser facilmente contornada por meio de uso de fertilizantes e calcários. Dessa forma frações indevidas desse solo são utilizadas para práticas agrícolas (Klink e Machado, 2005).

#### 4.2.Conservação

O Cerrado é um dos biomas mais ameaçados do mundo (MMA, 2009). Dos mais de dois milhões de km<sup>2</sup> de vegetação nativa restam apenas 50% e a expansão das atividades antrópicas, em especial a agropecuária, pressiona cada vez mais as áreas nativas (MMA 2009). É considerado como um dos *hotspots* mundiais de biodiversidade (Myers, et al., 2000). *Hotspot* foi um termo criado em 1988 pelo ecólogo inglês Norman Myers para definir áreas prioritárias para conservação, sendo que no Brasil ha dois *hotspots*: Mata Atlântica e Cerrado (**Figura 2**) (CI-Brasil, 2012).

*Hotspot* é, portanto, toda área prioritária para conservação, isto é, de alta biodiversidade e ameaçada no mais alto grau. É considerada *Hotspot* uma área com pelo menos 1.500 espécies endêmicas de plantas e que tenha perdido mais de 3/4 de sua vegetação original (CI,2012).

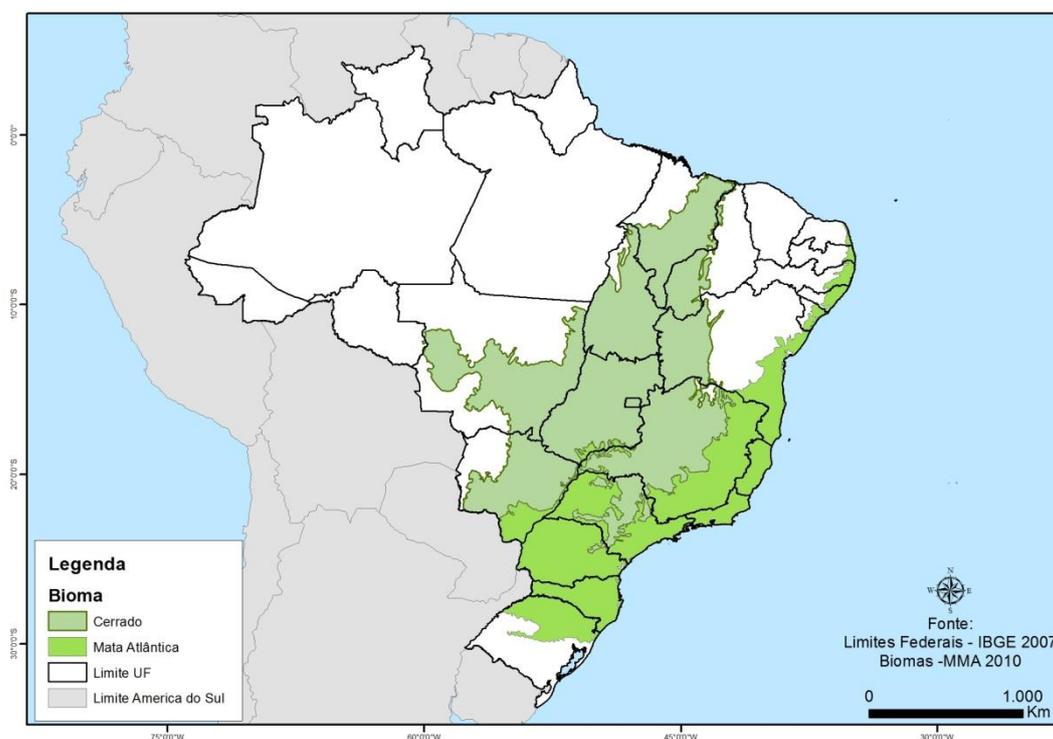


Figura 2- Biomas no Brasil.

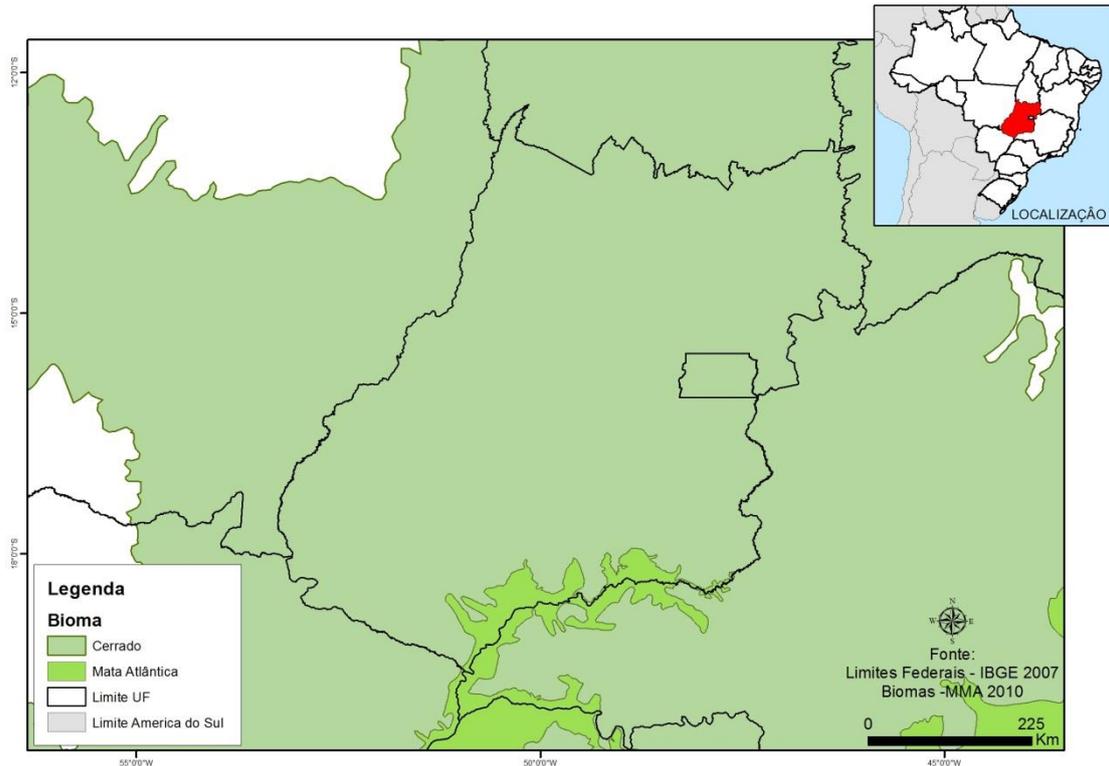


Figura 3- Biomas localizados em Goiás.

Logo, a conservação do cerrado tem seu foco de estudos voltado para a preservação da fauna, flora e manutenção de serviços ecossistêmicos.

No entanto, nas últimas décadas, essa distribuição de Cerrado foi fortemente modificada. Para o período dos dados utilizados nesse estudo, levantamentos do Projeto de Conservação e Utilização Sustentável da Diversidade Biológica Brasileira - PROBIO (SANO et al., 2008), baseados em imagens de satélite *Landsat TM* (2002), apontam para uma redução deste bioma na ordem de 40% (~ 800 mil km<sup>2</sup>), o equivalente, por exemplo, à soma da superfície de países como a França e a Itália, ou à de estados brasileiros como São Paulo e Minas Gerais.

A vegetação do cerrado é considerada a última fronteira agrícola do planeta (BORLAUG, 2002). Segundo estimativas, 35% das áreas de cerrado já foram convertidas em pastagens cultivadas e em lavouras diversas (COUTINHO, 2002).

Estudos realizados pelo Programa Cerrado da organização Conservação Internacional (CI-Brasil) indicam que o bioma corre o risco de desaparecer até 2030 (CI-BRASIL, 2004). Dos 204 milhões de hectares originais, 57% já foram completamente destruídos e a metade das áreas remanescentes estão bastante alteradas, podendo não mais servir aos propósitos de conservação da biodiversidade (CI-BRASIL, 2004).

Um dos empecilhos para estratégias de conservação eficientes é a divergência entre os valores de remanescentes, bem como, área desmatada. Fontes oficiais e instituições não governamentais não chegam a valores compatíveis, enfraquecendo e desacreditando as medidas de contenção do desmatamento.

No âmbito nacional, há divergências quanto à atuação no bioma. Os órgãos do executivo, por exemplo, tem por um lado o Ministério do Meio Ambiente (MMA) que trabalha para que o percentual de áreas protegidas no Cerrado aumente para um patamar maior, enquanto o Ministério da Agricultura trabalha com uma perspectiva de utilização de aproximadamente 100 milhões de hectares adicionais para a expansão da agricultura (CI-BRASIL, 2004).

Um fator que também afeta o desmatamento é a legislação brasileira sobre recursos florestais. As principais diretrizes que norteiam as questões ambientais no Brasil são três pilares do direito ambiental: a Constituição Federal, a Lei da Política Nacional do Meio Ambiente e o Código Florestal. O bioma Cerrado não está na Constituição. Na Política Nacional há uma série de padrões e mecanismos de proteção ao meio ambiente, mas o Cerrado só está realmente protegido pelo Código Florestal, que foi profundamente alterado.

O bioma Cerrado possui apenas 8% de sua área protegida por unidades de conservação. Distante do percentual de 10% de áreas protegidas recomendados pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) e pela Comissão Nacional de Biodiversidade (Conabio). (MMA, 2009)

O desmatamento do bioma é muito alto, três vezes maior que a Amazônia, o que comprometerá todos aqueles que vivem nesta região nos próximos 20 anos (MEIRELLES, 2012).

Interessante o fato de que entre os ecossistemas brasileiros, os únicos que não são considerados como Patrimônios Naturais, de acordo com a Constituição Federal de 1988, são o Cerrado e a Caatinga (CONSTITUIÇÃO, 1988).

Para o novo Código Florestal nas áreas de Cerrado pertencentes à Amazônia Legal devem possuir Reserva Legal (RL) de 35%. Nas demais regiões e biomas do país devem possuir RL de 20%. O cálculo da RL admite soma com APP, desde que esteja preservada ou em recomposição e não implique em mais desmatamento. Imóveis rurais de até quatro módulos fiscais são desobrigados de recompor a RL, podendo limitá-la à vegetação remanescente em 22 de julho de 2008.

O módulo fiscal é o parâmetro para a classificação dos imóveis rurais quanto ao tamanho, nos termos da Lei nº 8.629, de 25 de fevereiro de 1993, variando de 5 a 110 hectares. Em seu

cálculo é considerado, além do tipo de exploração predominante no município, a renda gerada pela exploração municipal predominante, outros tipos de exploração – que embora não predominantes seja expressivos em função da renda dela obtida e da área utilizada – e o conceito de propriedade familiar.

A exploração econômica é permitida, desde que a propriedade esteja no Cadastro Ambiental Rural e que o SISNAMA autorize a atividade. O novo Código também estabelece o fim à exigência de averbação da RL em cartório. A RL, porém, deverá ser registrada no Cadastro Ambiental Rural (CAR).

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) é um dos principais instrumentos de conservação da biodiversidade. O SNUC é o conjunto de unidades de conservação (UC) federais, estaduais e municipais. É composto por 12 categorias de UC, cujos objetivos específicos se diferenciam quanto à forma de proteção e usos permitidos: aquelas que precisam de maiores cuidados, pela sua fragilidade e particularidades, e aquelas que podem ser utilizadas de forma sustentável e conservadas ao mesmo tempo.

O SNUC foi concebido de forma a potencializar o papel das UC, de modo que sejam planejadas e administradas de forma integrada com as demais UC, assegurando que amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas estejam adequadamente representadas no território nacional e nas águas jurisdicionais. Para isso, o SNUC é gerido pelas três esferas de governo (federal, estadual e municipal).

Apesar do reconhecimento de sua importância biológica, de todos os *hotspots* mundiais, o Cerrado é o que possui a menor porcentagem de áreas sobre proteção integral. O Bioma apresenta 8,21% de seu território legalmente protegido por unidades de conservação; desse total, 4,39% são Terras Indígenas, 2,85% são unidades de conservação de proteção integral e 5,36% de unidades de conservação de uso sustentável, incluindo RPPN's (0,07%) (MMA, 2012).

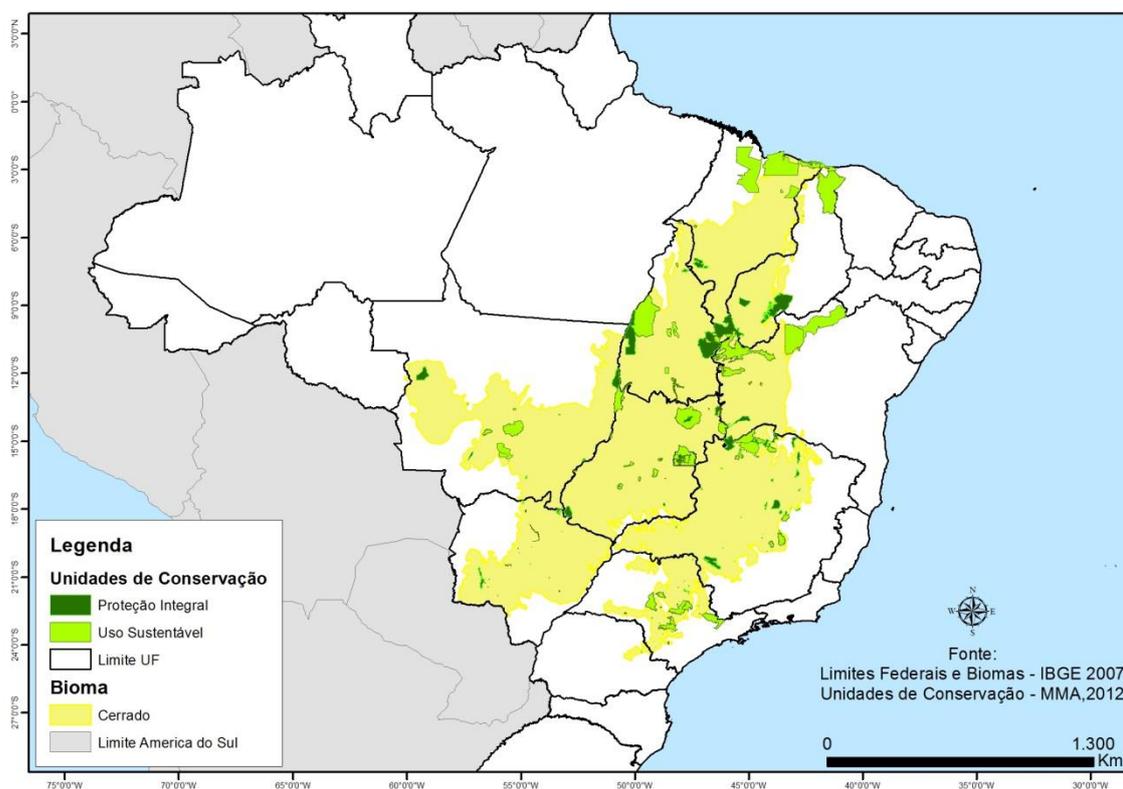


Figura 4 - Unidades de Conservação no Cerrado

A utilização de Unidades de Conservação como instrumento de política ambiental no Estado de Goiás (**Figura 5**) iniciou-se no ano de 1959 com a criação pelo Governo Federal do Parque Nacional do Araguaia, hoje situado no Estado do Tocantins.

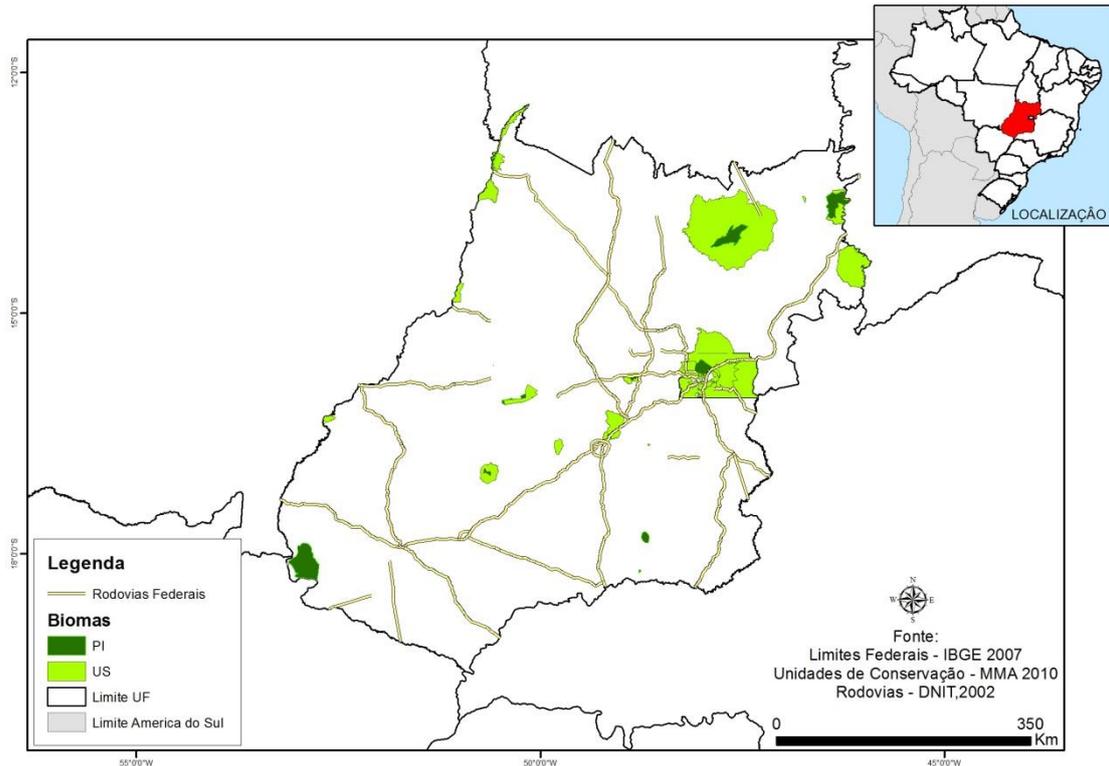


Figura 5 - Situação das Unidades de Conservação em Goiás.

#### 4.3. Histórico de ocupação

O Cerrado Brasileiro começou a ser explorado no século XVII, quando os colonizadores portugueses se deslocaram para o interior do país a procura de ouro e pedras preciosas, e de índios para serem utilizados como escravos. Com uma preocupação clara com questões relativas à segurança nacional e à defesa das fronteiras, foi somente após a Guerra do Paraguai (1864 a 1870) que as autoridades brasileiras começaram a incentivar a ocupação do sul do Mato Grosso (Klink e Moreira, 2002). Já na década de 1940, no Governo de Getúlio Vargas, promoveu-se a ocupação da área central do Cerrado Brasileiro a partir da implantação de colônias agrícolas nos estados de Goiás e Mato Grosso, merecendo destaque as de Dourados, no Mato Grosso, e Ceres, em Goiás (Klink & Moreira, 2002; Shiki, 1997; Guimarães & Leme, 2002). Entretanto, a grande distância em relação aos grandes centros consumidores e a ausência de vias de acesso, representou um grande obstáculo à ocupação do Cerrado.

Com a construção de Brasília na década de 1950, estes obstáculos começaram a ser vencidos. A construção da nova capital provocou um forte impacto demográfico, criando no interior do país um grande adensamento populacional, devido ao volumoso fluxo de imigrantes. Além disso, foram construídas novas rodovias, que cortavam o Cerrado, ligando a nova capital

brasileira às principais cidades do país, provocando uma aceleração no processo de ocupação nos anos de 1960 (Guimarães & Leme, 2002). Entretanto, o processo de ocupação do Cerrado Brasileiro, até então, estava basicamente relacionado à criação extensiva de gado – majoritariamente bovinos de corte – e às oportunidades de empregos relacionados à construção e transferência da capital nacional para Brasília. Até o final da década de 1960, os solos extremamente pobres em nutrientes e com elevada acidez fizeram com que a Região do Cerrado fosse considerada imprópria para a agricultura.

Além disso, os primeiros governos militares brasileiros estavam totalmente focados na expansão industrial do país, reservando um papel secundário para a agricultura dentro do projeto de desenvolvimento nacional.

Os avanços nas tecnologias de plantio – principalmente de correção do solo – e as características topográficas do Cerrado, que facilitavam a mecanização agrícola, atraíram a atenção dos governantes brasileiros para a região.

A partir da década de 60, com a interiorização da capital, vastos ecossistemas deram lugar a pecuária e a agricultura extensiva, como a soja, arroz e ao milho. Tais mudanças ocorreram pela descoberta de novas vocações desses solos regionais, permitindo novas atividades agrárias rentáveis, em detrimento de uma biodiversidade até então desconhecida.

O acelerado processo de degradação do Cerrado se deve ao crescimento das cidades nele localizadas, mas, principalmente, pela expansão da agricultura e da pecuária. O impacto ambiental mais evidente desse processo é o desaparecimento gradativo do ecossistema e a sua substituição por uma paisagem bastante homogênea, formada por pastagens e por grandes lavouras.

Boa parte desta conversão antrópica se deve às políticas de expansão agropecuária, intensificadas a partir da década de 1970 (Miziara e Ferreira, 2008), quando a precária infraestrutura da região e a distância aos principais mercados consumidores passa a ser compensada por atrativos econômicos e tecnológicos, como incentivos fiscais, baixo preço de terras e o desenvolvimento de novos insumos e práticas agrícolas (variedades de sementes, adubos e maquinários), adaptados ao clima sazonal e ao relevo plano do Cerrado.

Estima-se que de 1970 a 1995/96, as áreas ocupadas com lavouras aumentaram em 250%, as ocupadas com pastagens cultivadas, em 520%, e as áreas limpas, mas não utilizadas para cultivos ou que foram abandonadas, em 150% (Klink e Moreira, 2002).

Dentro desse contexto é que começaram a ser implantados os primeiros projetos de colonização agrícola do Cerrado Brasileiro. Três grandes projetos foram implantados na

região no decorrer da década de 1970: Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP); o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO); e o Programa de Cooperação Nipo- Brasileiro para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER).

O Programa de Assentamento Dirigido do Alto Paranaíba (PADAP) começou a ser implantado em 1973 e foi o primeiro projeto de colonização do Cerrado idealizado no país, após a retomada de interesse, por parte do governo brasileiro, por este bioma.

O Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) pretendia incorporar 37.000 quilômetros de terras do Cerrado ao setor produtivo brasileiro, no período de 1975 a 1979. Ao contrário do PADAP, que teve os investimentos concentrados em uma única área contínua, os recursos do POLOCENTRO foram aplicados de forma mais dispersa em regiões dos estados de Minas Gerais, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e Goiás (Klink e Moreira, 2002; Shiki, 1997; Salim, 1986; França, 1984). Os produtores rurais do POLOCENTRO tiveram à sua disposição linhas privilegiadas de crédito – que também foram utilizadas pelos produtores da região do PADAP –, além de intenso apoio técnico.

No processo de ocupação do Cerrado Brasileiro é bastante forte a presença de imigrantes provenientes da Região Sul do país. Os gaúchos, como são chamados os imigrantes vindos do Rio Grande do Sul, como também os paranaenses, catarinenses ou filhos de gaúchos nascidos em outros estados, especializaram-se na produção de commodities agrícolas – principalmente soja, milho, e café – e têm uma presença marcante em todos os projetos de colonização implantados no Cerrado. Seroa da Motta (1996) apontou como principal causa da massiva conversão do Cerrado em áreas agrícolas, a imigração de agricultores do sul, atraídos pela facilidade de crédito nas regiões de destino, tentando escapar do aumento do preço da terra em suas regiões de origem, exacerbado pela alta concentração fundiária.

Assim como Seroa da Motta (1996), Rezende (2002) também destacou o papel do mercado de terras no processo de ocupação do Cerrado Brasileiro e ressaltou que a expansão agrícola no Cerrado, terras no processo de ocupação do Cerrado Brasileiro e ressaltou que a expansão agrícola no Cerrado, no início da década de 1970, ocorreu em um momento de alta no preço da terra no Brasil, o que possibilitou aos agricultores sulistas adquirirem grandes extensões de terra nua no Cerrado mato-grossense, com a venda de suas propriedades. Segundo o autor, a menor demanda de terra para uso não agrícola nas regiões do Cerrado teria sido outro fator que contribuiu para o seu baixo preço.

Se, por um lado, com a antropização desse bioma, o país alcançou um respeitável patamar econômico, sobretudo pela elevada produção de grãos, carnes e derivados (commodities no

mercado externo), por outro, hoje já se reconhece que uma significativa parcela de sua biodiversidade foi perdida (ou simplesmente não foi identificada a tempo), com o risco de extinção ainda presente (MYERS et al., 2000).

As transformações ocorridas no cerrado foram tantas que entre 1970 e 1975, o desmatamento médio no Cerrado foi de 40.000km<sup>2</sup> por ano, 1,8 vezes a taxa de desmatamento da Amazônia durante o período 1978–1988 (KLINK E MOREIRA, 2002). Nesse período, a implantação do II Plano Nacional de Desenvolvimento, fez do Centro-Oeste o grande produtor de alimentos e matérias-primas voltadas para exportação e atração de mão-de-obra (OLIVEIRA, 2002).

Com a obtenção de dados a respeito das características do processo de ocupação do Cerrado, tem-se a oportunidade de realizar melhor planejamento a respeito do uso correto do solo visando à efetiva preservação do meio ambiente.

#### 4.4. Contexto de Goiás

A ocupação do cerrado iniciou-se por volta de 1920, momento em que a indústria do café estava em expansão (Klink e Moreira, 2002). Contudo, com o passar dos anos, por conta do esgotamento das terras férteis da região Sul e do crescimento populacional, o governo de Vargas (1930-1945), por meio da Marcha para o Oeste, estimulou a ocupação do sul do estado de Goiás com incentivos e assistência técnica aos pecuaristas interessados.

O estado de Goiás é a nona economia brasileira, o que corresponde a 2,5% do PIB brasileiro (IMB/GO, 2012). A taxa de crescimento médio (**Tabela 2**) nos últimos 10 anos foi de 55,73%, enquanto a média brasileira foi inferior a 37,5%.

Tabela 2 - Taxa de crescimento do produto interno bruto do estado de Goiás e do Brasil - % (IBGE e IMB,2012).

<b>ANO</b>	<b>GOIAS</b>	<b>BRASIL</b>
<b>2000</b>	5,0	4,3
<b>2003</b>	4,2	1,1
<b>2008</b>	8,0	5,2
<b>2009</b>	0,9	-0,3

Dentre as atividades que compõem o PIB estadual (**Tabela 3**), a agropecuária representa 14%. Sua grande relevância é decorrente do perfil produtivo e do desenvolvimento do segmento agroindustrial com destaque para a produção de carnes, derivados do leite e da soja. Goiás possui um agronegócio dinâmico. A agropecuária goiana cresceu a taxas médias anuais acima do registrado para o Brasil (IMB/GO, 2012).

Tabela 3- Evolução do PIB da agropecuária – Goiás e Brasil - % (IBGE e IMB, 2012).

<b>ANO</b>	<b>GOIAS</b>	<b>BRASIL</b>
<b>2002</b>	6,6	6,6
<b>2009</b>	6,9	-3,1
<b>2002 - 2009</b>	5,3	2,9

Outra atividade que vem avançando na economia goiana é a produção sucroalcooleira. A produção de cana no estado aumentou, sua participação em relação ao total nacional cresceu de 3% para 6% entre 2002 e 2009 (PAM, 2009). Com isso, Goiás se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do Centro-Oeste e o quarto maior produtor do Brasil.

No acumulado entre 2002 a 2009, o desmatamento foi da ordem de 10.454 km<sup>2</sup> no estado, o que representa 3,3% da área de Cerrado total em Goiás.

## **5. Material e métodos**

### **5.1. Área de estudo**

O Cerrado tem grande representatividade no território goiano. É considerado o segundo maior bioma brasileiro, atrás apenas da Floresta Amazônica (WWF Brasil, 2012). É um dos biomas brasileiros mais importantes, não somente pela área que ocupa, como também pela diversidade e ao fato de ajudar na sobrevivência e equilíbrio dos demais ecossistemas (WWF Brasil, 2012). Contemplado com plantas herbáceas, arbustivas, arbóreas e cipós, totalizando 12.356 espécies que ocorrem espontaneamente e flora vascular nativa com 11.627 espécies (MENDONÇA et al., 2008).

Na totalidade, incluindo as zonas de transição com outros biomas, o Cerrado abrange 2.036.448 km<sup>2</sup>, o equivalente a 23,92% do território brasileiro, ou à soma das áreas de Espanha, França, Alemanha, Itália e Reino Unido (WWF Brasil). E se considerada sua diversidade de ecossistemas, é notório o título de formação com savanas mais rica em vida a nível mundial, uma vez que sua área protege 5% de todas as espécies do planeta e três em cada dez espécies brasileiras, muitas delas só encontradas aqui.

O cerrado é responsável por mais de 70% da vazão gerada nas bacias Araguaia/Tocantins, São Francisco e Paraná/Paraguai (LIMA E SILVA, 2005). Nele estão localizadas as nascentes das três maiores bacias da América do Sul: Amazônica/Tocantins São Francisco e Prata. Revelando a importância do bioma também pelos serviços ecossistêmicos prestados.

A região delimitada para o presente estudo é o Estado de Goiás, por estar quase inteiramente inserido no cerrado, possuir a terceira maior área de vegetação entre os estados abrangidos pelo cerrado, ocupar a nona posição entre as maiores economias do país e possuir perfil produtivo predominante na atividade agropecuária.

O Estado de Goiás é uma das 27 unidades federativas do país. Localizado na região Centro-Oeste, ocupa uma área de 340.086 km<sup>2</sup> e limita-se ao Norte com o Estado do Tocantins, ao Sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste com Bahia e Minas Gerais e a Oeste com Mato Grosso. É o sétimo Estado brasileiro em extensão territorial, abrigando 246 municípios (**Figura 6**) e uma população de mais de seis milhões de habitantes (IBGE, 2010).

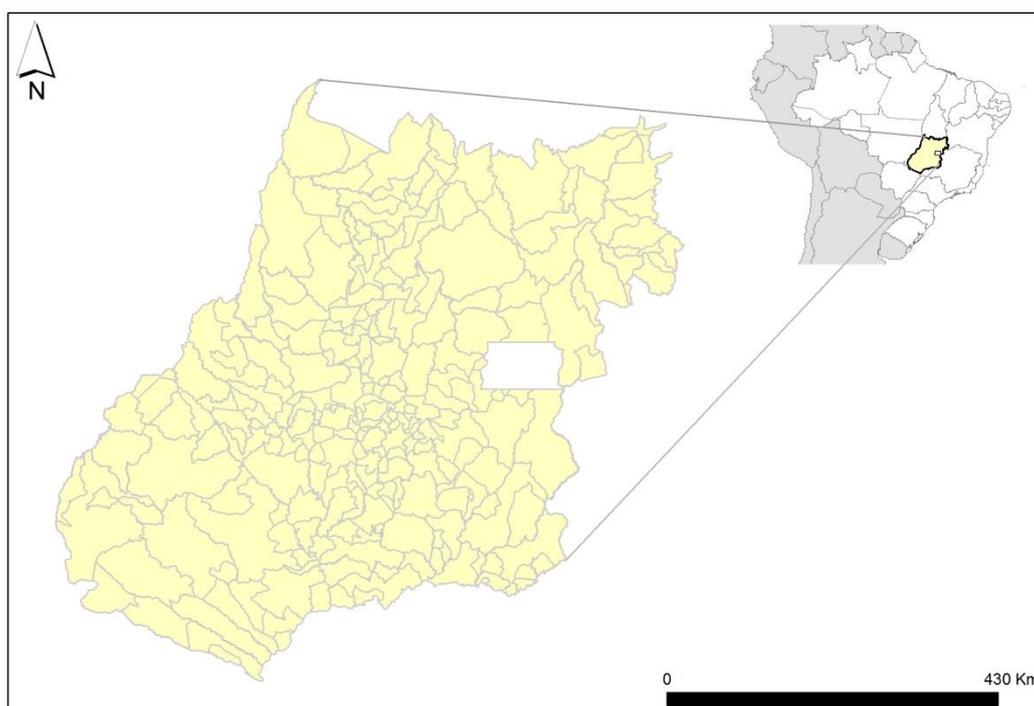


Figura 6- Localização do estado de Goiás.

O estado apresenta elevado nível de desmatamento desde a criação de Brasília, a abertura de estradas na década de 1960, e da expansão da fronteira agrícola (décadas de 1970 e 1980).

## 5.2. Metodologia

Existe uma grande quantidade de definições para SIG, cada uma delas baseada no tipo de usuário e no domínio da aplicação (MAGUIRRE et al., 1991). A metodologia de banco de dados define o SIG como um banco de dados geográficos não convencional que possibilita

gerenciamento de dados espaciais. A visão orientada a processos considera o SIG como uma coleção de subsistemas integrados, onde dados passam por uma sequência de procedimentos de transformação. A definição de aplicação ou utilização conceitua o SIG de acordo com o tipo de problema a ser solucionado e o tipo de dado manipulado (OLIVEIRA et al., 1997).

Como instrumentos computacionais para geoprocessamento, os SIG permitem realização de análises complexas ao integrar dados de diversas fontes e ao criar banco de dados georreferenciados (CÂMARA E MEDEIROS, 1998).

Um dado espacial, para ser trabalhado dentro de um SIG, deve ser representado por um modelo computacional (FELGUEIRAS, 1999). Um modelo é uma abstração de fatos ou de entidades do mundo real. A modelagem de dados geográficos é o processo de discretização que converte a realidade geográfica complexa em um número finito de registros ou objetos (GOODCHILD, 1993).

Modelos ambientais, aqui também chamados modelos matemáticos, são representações matemáticas criadas para representar fenômenos ou processos do mundo real. Estes modelos são simplificações da realidade, de onde se abstraem os elementos mais importantes para uma aplicação, e são construídos a partir da observação dos dados espaciais e seus relacionamentos. Os modelos ambientais são usados para aumentar o conhecimento sobre um processo, prever valores ou comportamentos em áreas não observadas e comprovar, ou não, hipóteses feitas sobre processos. Modelagem computacional em SIG é a implementação de um modelo matemático, que representa um fenômeno natural, no contexto de um Sistema de Informação Geográfica.

Para efetivação deste estudo os softwares utilizados foram os seguintes:

- O software ArcMap que é a aplicação central do ArcGIS, versão 10.2, voltado para a produção e a investigação de mapas. Nesse ambiente foram preparados os arquivos *shape* e sua posterior conversão para arquivo *Raster* (formato exigido para entrada de dados no software DINAMICA EGO).
- O software DINAMICA EGO, versão 2.2, um programa de domínio público, com plataforma de modelagem, desenvolvido pelo Centro de Sensoriamento Remoto da Universidade Federal de Minas Gerais. No processo de modelagem um dos requisitos básicos é que todos os mapas de entrada, os de uso e cobertura da terra, os de variáveis estáticas ou dinâmicas devem apresentar exatamente a mesma resolução e mesma coordenada, que resulte em uma matriz com mesmo valor de colunas e linhas. Nesse ambiente será produzido o cenário propriamente dito.

Os diferenciais do DINAMICA, em relação a outros softwares de modelagem (livres ou comerciais) referem-se à sua forma intuitiva para a construção de modelos (fluxo de dados, com objetos orientados à programação), à capacidade, agilidade de processamento, e ao próprio método de modelagem para simular a dinâmica de uma paisagem, baseado no modelo estocástico de autômatos celulares (SOARES- FILHO et al, 2001 a 2002).

Em linhas gerais, o conceito de autômatos celulares consiste na ideia de que em um arranjo n – dimensional de células, cada célula apresenta uma probabilidade de passar de um “estado 2” para um “estado 1” na paisagem, de acordo com a sua condição previa e do arranjo espacial das células vizinhas, seguindo um conjunto de regras de transição (SOARES – FILLHO et al, 2003). Este comportamento aleatório das células representa o conceito dinâmico da paisagem. Para a modelagem serão utilizadas as camadas: solos, declividade, altitude, rodovias (principais), sede dos municípios (proximidade dos núcleos urbanos), Unidades de Conservação (UC), terras indígenas (TI).

Também foram utilizados os dados de desmatamento (área desmatada, área remanescente e corpos d’água), para o bioma Cerrado para os períodos de 2002 – 2008, 2008 – 2009 e 2009 – 2010. Esses dados são do Programa de Monitoramento do Desmatamento dos Biomas Brasileiros por satélite (PMDBBS) do IBAMA/CSR.

Variáveis estáticas são as distâncias de estradas, centros urbanos, unidades de conservação e terras indígenas.

Essa variável foi obtida com a utilização da ferramenta *Euclidean distance*, parte da extensão *ArcToolbox (Spatial Analyst)*. A ferramenta calcula para cada célula a distancia Euclidiana mais próxima da fonte (no caso, os arquivos acima mencionados).

Variáveis estáticas se subdividem em categóricas e contínuas. No conjunto das variáveis categóricas estão os mapas de solo e áreas protegidas. E, no conjunto das variáveis contínuas os mapas de distância as estradas principais.

A variável dinâmica é a distancia as áreas desmatadas.

Todos os *rasters* e vetores foram projetados para a projeção *South America Albers Equal Area Conic*.

Todos os mapas são representações aproximadas da superfície terrestre. Isto ocorre porque não se pode passar de uma superfície curva para uma superfície plana sem que haja deformações (D’ALGE,2012). Por isso os mapas preservam certas características ao mesmo tempo em que alteram outras. A elaboração de um mapa requer um método que estabeleça uma relação entre os pontos da superfície da Terra e seus correspondentes no plano de

projeção do mapa (D'ALGE,2012). Para se obter essa correspondência, utilizam-se os sistemas de projeções cartográficas.

Há um número grande de diferentes projeções cartográficas, uma vez que há vários modos de se projetar os objetos geográficos que caracterizam a superfície terrestre sobre um plano.

É impossível representar a superfície curva da Terra sobre uma superfície plana (ou desenvolvível num plano) sem que haja deformações.

Por isso deve-se escolher que características devem ser conservadas e quais podem ser alteradas. Para o estudo em questão, o objetivo final visa calcular a área desmatada em anos futuros para o estado de Goiás, assim deve-se optar pela projeção que preserve a área dos objetos. Quanto ao grau de deformação das superfícies representadas, as projeções podem ser classificadas em conformes ou isogonais, equivalentes ou isométricas e equidistantes (D'ALGE,2012).

Projeções equivalentes ou isométricas são projeções que conservam as áreas (não há deformação de área). Como consequência, os ângulos sofrem deformações (D'ALGE,2012). São consideradas as projeções mais adequadas para uso em SIG. Como exemplos podem-se citar as projeções Cônica de Albers e Azimutal de Lambert.

Para a realização da modelagem propriamente dita, as bases de dados foram transformadas para o formato de imagem (raster), com os pixels re-amostrados para a resolução espacial de 120 m. Também foi padronizado o sistema de projeção cartográfica (Albers), assim como o número de linhas e colunas para todas as imagens (neste caso, 6774 linhas por 6486 colunas) A seguir são apresentadas as variáveis utilizadas na modelagem do desmatamento futuro para o estado de Goiás:

a) Solos

O mapa temático de solos (Figura 6) constitui-se do arranjo de classificação das principais classes dos solos presentes no estado de Goiás (EMBRAPA, 1981).

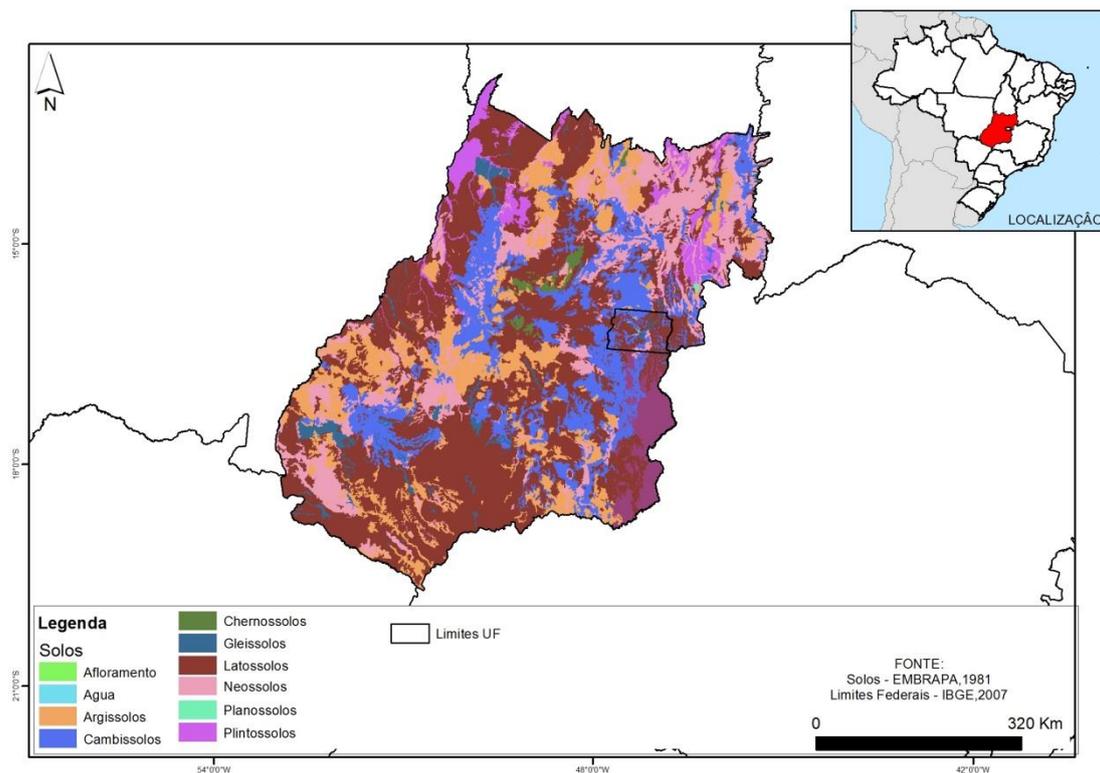


Figura 7 - Mapa de solos

b) Áreas protegidas

No mapa temático das áreas protegidas (Figura 7) foram incluídas as Terras indígenas, Unidades de Conservação de uso sustentável e proteção integral (MMA, 2012).

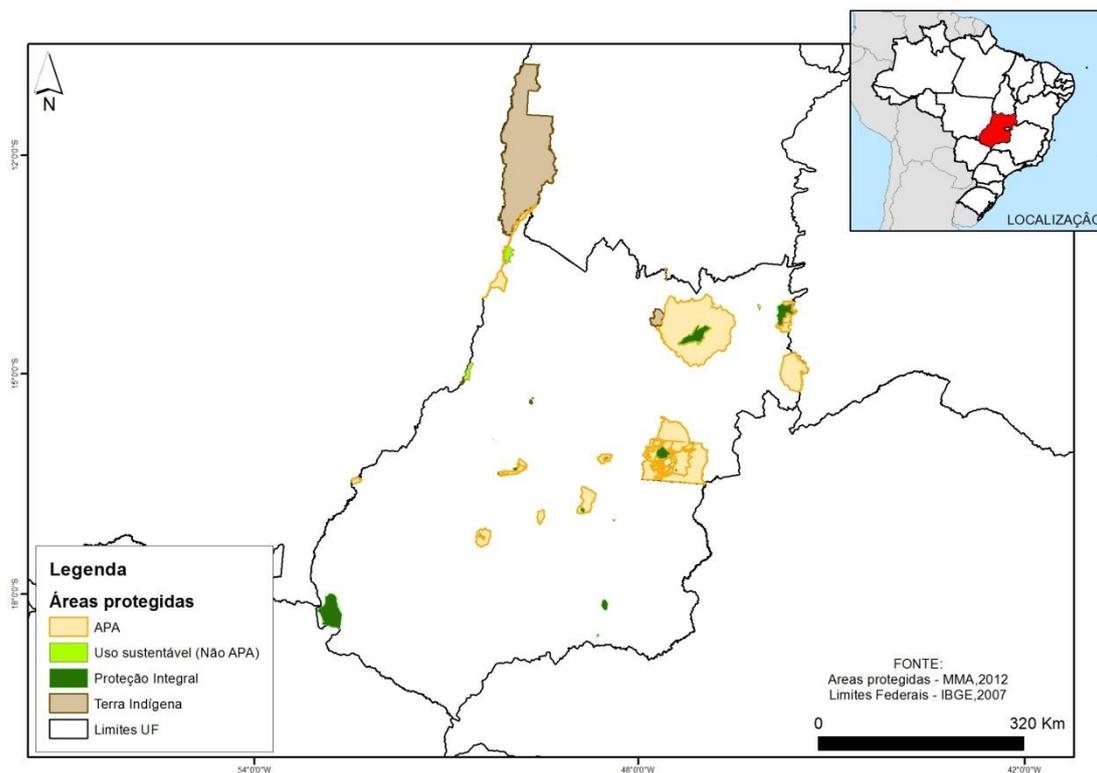


Figura 8 - Mapa de áreas protegidas.

c) Distância da rede viária

Para distância da rede viária, que constituem no conjunto de estradas de Goiás foi construído o mapa contendo as distâncias das estradas principais (BR's e Rodovias). Os dados foram retirados da base do DNIT do ano de 2002.

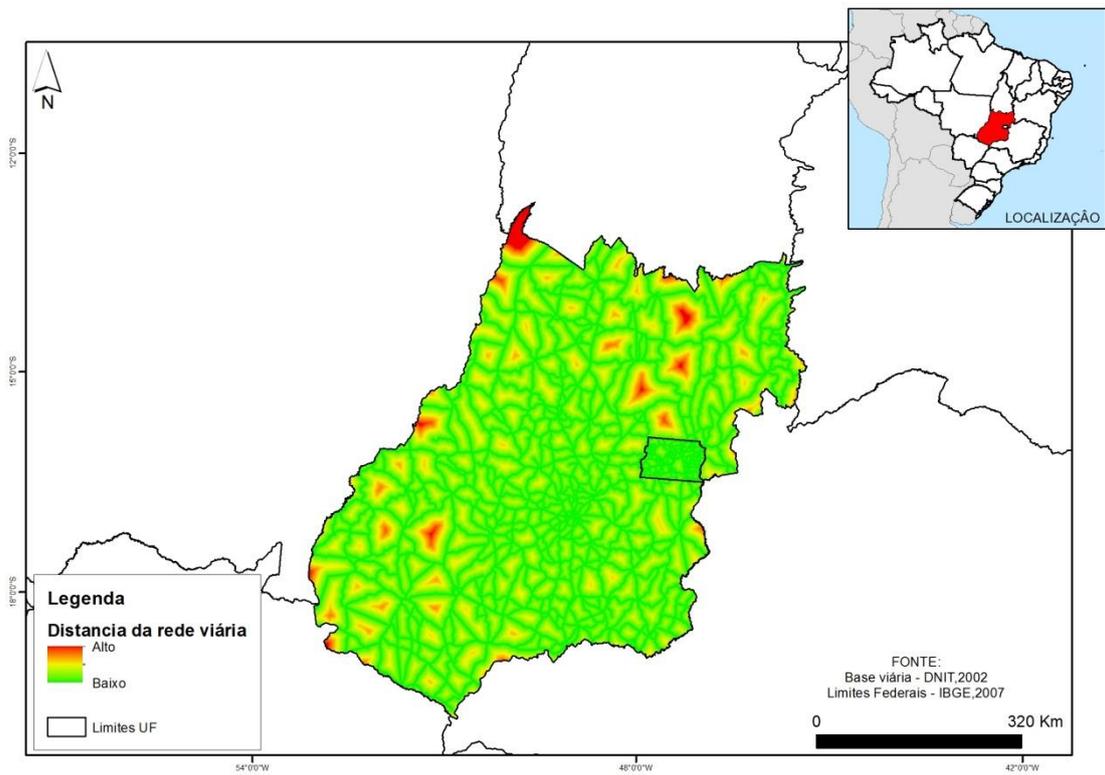


Figura 9 - Mapa de distancia da rede viária.

d) Distancia dos centros urbanos

O mapa temático de atração urbana (Figura 9) foi construído a partir das sedes municipais no estado de Goiás

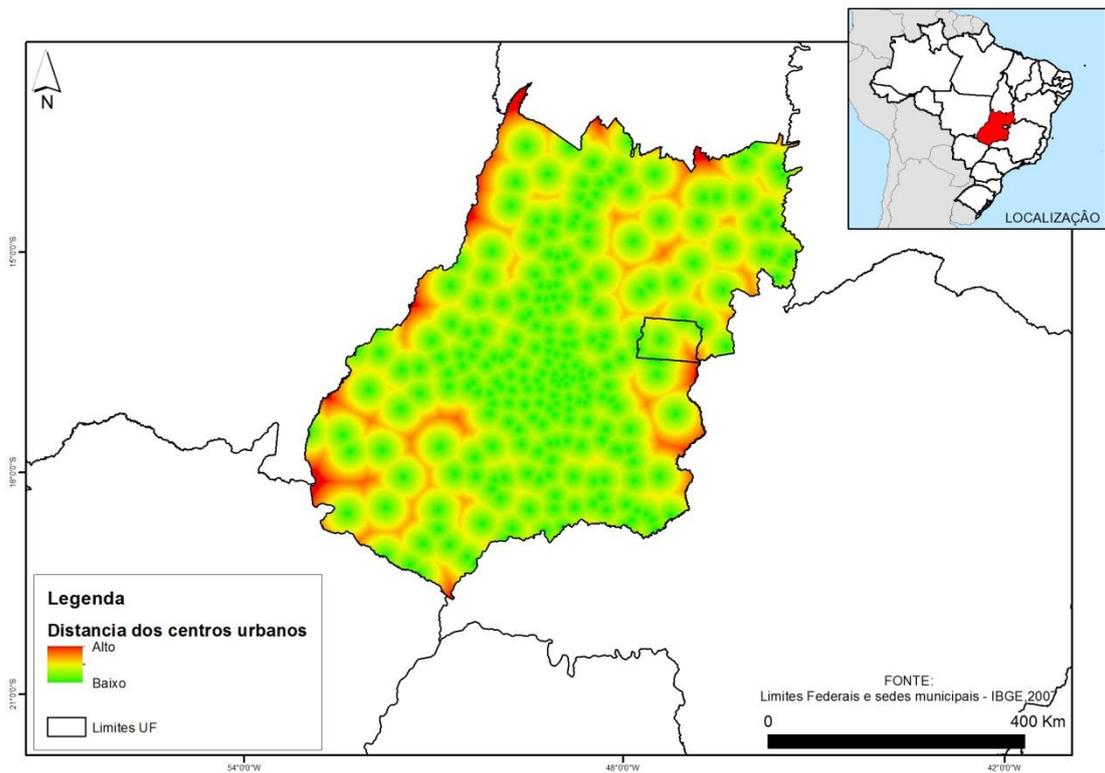


Figura 10- Mapa de distancia dos centros urbanos.

e) Altitude

O mapa de altitude foi elaborado a partir de Modelos de Elevação Digital SRTM da base de dados de relevo e topografia do Brasil, disponibilizado pela EMBRAPA. No estado de Goiás, as altitudes variam de 184 m a mais de 1667 m (Figura 10).

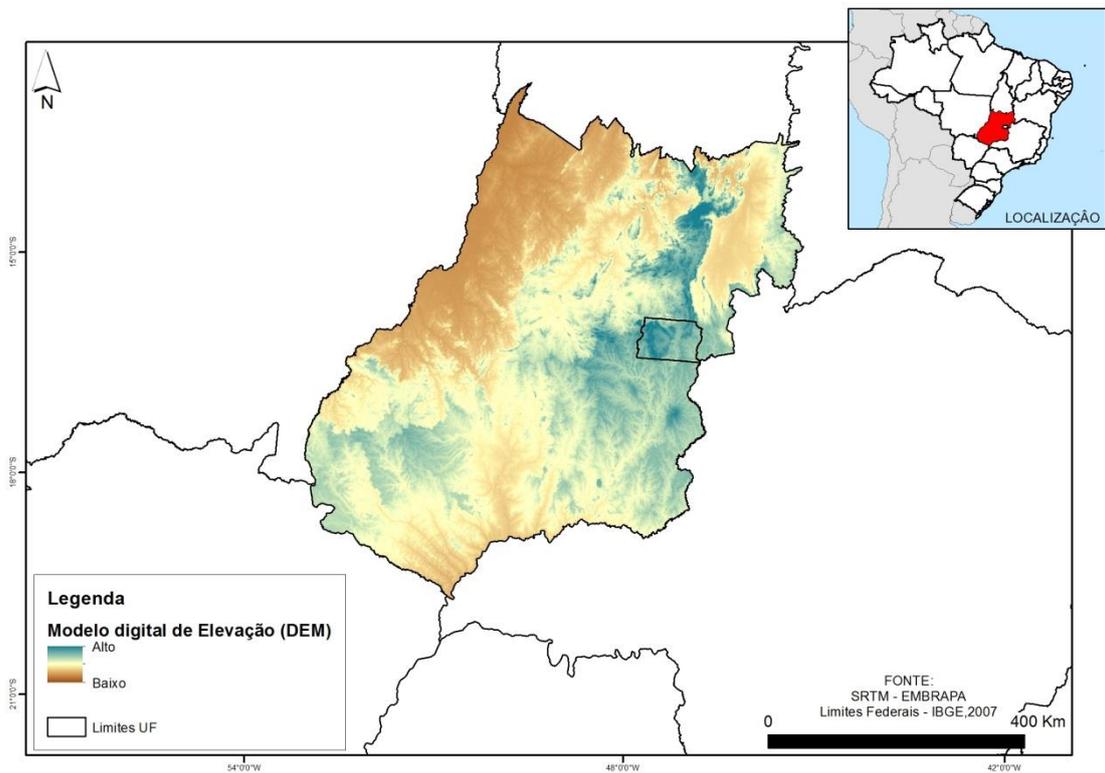


Figura 11 - Mapa do Modelo Digital de Elevação.

f) Declividade

O mapa da declividade foi assim obtido com base no modelo digital de elevação SRTM. As declividades estimadas para o estado de Goiás variam de 11 a 56 graus (Figura 12).

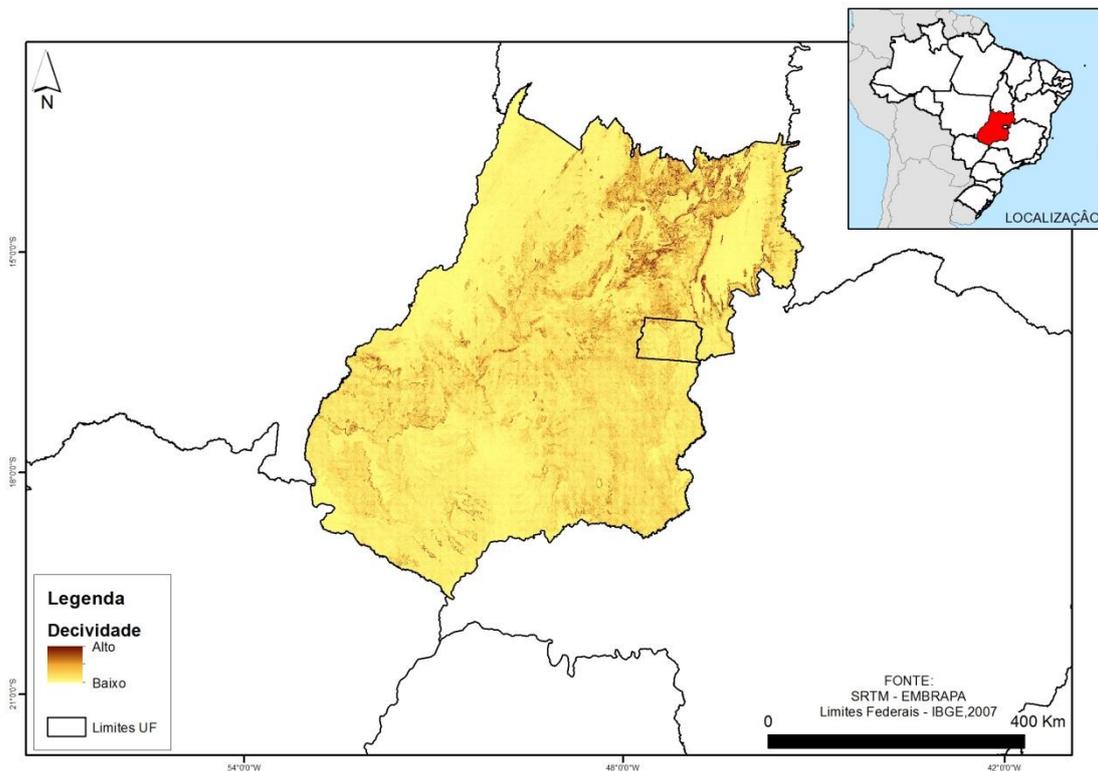


Figura 12 - Mapa da declividade.

Para obtenção dos cenários simulados e projetados foram realizados os procedimentos em cinco passos (Tabela 4).

Tabela 4 - Etapas utilizadas para obtenção dos cenários simulados e projetados.

Geração das matrizes de transição
Calibração do modelo
Criar e rodar o modelo de simulação
Validação do modelo
Geração de Cenários futuros

Cada etapa explicita na Tabela 4 foi responsável por produzir um resultado que funcionou como um dado de entrada das etapas seguintes da modelagem.

### 5.3. Geração das matrizes de transição

A matriz de transição compreende o processo de obtenção das taxas de transição ocorridas entre os mapas de uso e cobertura da terra inicial e final.

Na matriz são calculadas as taxas chamadas de “Single Step” e “Multiple Step”. “Single Step” refere à matriz de transição ocorrida durante todo período de tempo da análise (global).

Já “*Multiple Step*” é a matriz de transição gerada por intervalo de tempo durante o período da análise.

#### 5.4. Calibração do modelo

No processo de calibração, primeiramente são geradas as faixas de distâncias para derivação dos pesos de evidências em relação ao objeto de referência, considerado nos mapas de variáveis estáticas e dinâmicas. Depois de estabelecidas as faixas, são gerados os coeficientes de pesos de evidências, específico para cada faixa em todos os mapas de variáveis, ao qual influenciam na geração dos mapas de favorabilidades e restrições do processo de uso.

As variáveis dinâmicas e estáticas necessitam de parâmetros de classificação (**Figura 13**). Os parâmetros foram definidos observando os valores de máximo e mínimo de cada *raster*, realizando simulações a fim de alcançar melhores faixas para os pesos aliado a simplificação do processo de processamento.

Os parâmetros definidos foram: incremento mínimo (100 m); os deltas máximos e mínimos e ângulos de tolerância que medem o desvio a partir de uma reta (PIONTEKOWSKI, 2014). A variável de áreas protegidas e solos foram definidos como sendo categóricas.

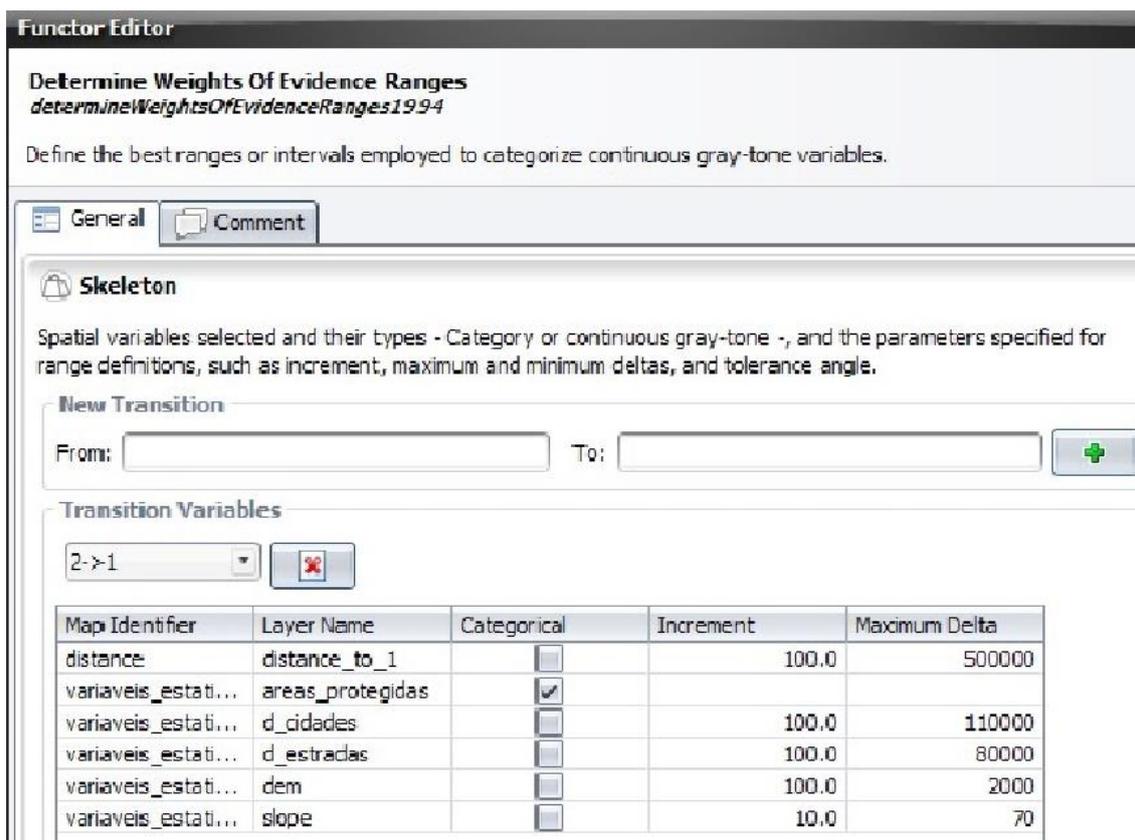


Figura 13 - Edição de pesos no DINAMICA.

### 5.5. Simulação do desmatamento

Nesse modelo foram utilizados como entrada: o mapa de uso inicial (2008), o mapa de variáveis estáticas, o mapa de municípios do estado de Goiás matiz de transição *Multi Step* e os pesos de evidencia calculados.

Para definir as células que passarão de vegetação para desmatadas são utilizadas as funções *Expander* e *Patcher*. O *Expander* tem a função de expandir o desmatamento a partir de áreas já desmatadas e a função *Patcher* de criar novas áreas de desmatamento

Para definir o percentual de *Expander*, foram feitos testes observando os mapas de simulação gerados ao final da simulação. O mapa simulado que mais se assemelhou ao mapa base de 2010 utilizou o valor de *Expander* de 70 %. Assim, o percentual de células que irão sofrer mudanças foi definido em 70%. Para a função *Patcher*, o software atribui o percentual restante (30%) para criação de novas áreas de desmatamento. Para o *Expander* e *Patcher* a media foi de 6,25 ha, a variância de 12,5 ha e a isometria de 1,5.

Esses valores estão relacionados ao tamanho (media e variância) e as formas (isometria) na região das manchas desmatadas. Quanto maior a isometria, maior a regularidade das formas das manchas desmatadas.

O modelo foi executado gerando o mapa de saída simulado para 2010. Também foi gerado o mapa de probabilidade, indicando as áreas mais susceptíveis ao desmatamento observando os pesos de evidencia gerados anteriormente.

#### 5.6. Validação do modelo

Nesta etapa é avaliado quão semelhante é o mapa simulado e o mapa de referencia, ambos do ano de 2010, sendo o mapa de referencia proveniente do PMDBBS do IBAMA/CSR para o Cerrado.

O método utilizado para a validação é o método da similaridade mínima de *Fuzzy*. Nessa metodologia são utilizados mapas de diferenças para diferentes tamanhos de janelas. Nesse estudo a resolução espacial das janelas variou de 1 x1 a 13 x 13 pixels. O software calcula os mapas de diferenças entre os mapas de uso do solo inicial (2008) e final (2010) e as diferenças entre o mapa de uso base (2008) e o mapa simulado para o ano de 2010. Assim, esses mapas de diferenças são utilizados em funções que derivam de valores de similaridade mínima para cada tamanho de janela. Todos os cálculos são feitos utilizando funções de decaimento constante. Soares – Filho (2009) recomenda sempre escolher o menor valor de similaridade.

#### 5.7. Projeção dos cenários futuros

Os mapas produzidos para períodos posteriores somente serão fidedignos quando gerados a partir de um modelo calibrado, representando assim, o real processo de transição decorrido para o período estudado. Contudo, para esta análise, é necessário considerar que o modelo simula tendências, válidas somente se forem mantidas as mesmas condições em relação às variáveis investigadas. O desmatamento no estado de Goiás foi projetado para o período de 2013 a 2040.

## 6. Discussão e conclusão

### 6.1. Dados de entrada do modelo

No cálculo das matrizes de transição foram gerados as matrizes de transição global (*Single Step*) e anual (*Multi Step*). Essas matrizes foram geradas para o modelo regionalizado (utilizando municípios) e sem regionalização.

Analisando as matrizes geradas para o modelo sem regionalização a matriz global (Tabela 5) indicou que foram desmatados no estado de Goiás 10,4% de vegetação nativa no período de dois anos (2008 – 2010).

Tabela 5 - Matriz de transição global (2008 – 2010).

<b>De / Para</b>	<b>Desmatamento</b>	<b>Floresta</b>
<b>Desmatamento</b>	-	-
<b>Floresta</b>	0.1040	-

A matriz de transição anual (Tabela 6) indica que foram desmatados 5,3% de vegetação nativa ao ano.

Tabela 6 - Matriz de transição anual (2008 – 2010).

<b>De / Para</b>	<b>Desmatamento</b>	<b>Floresta</b>
<b>Desmatamento</b>	-	-
<b>Floresta</b>	0.053432	-

As taxas verificadas são de fato muito altas se comparadas a taxas de períodos anteriores. Ainda que o próprio CSR/IBAMA faça ressalvas no Relatório técnico de monitoramento do desmatamento no Bioma cerrado, 2002 a 2008: Dados Revisados, de que o desmatamento no período de 2002 a 2008 tenha sido muito alto pelo fato de alguns polígonos verificados para a classe desmatada não possuíam data sendo computado esse valor para o ano de 2008.

Na fase seguinte foram calculados os pesos de evidencia de cada variável estática e dinâmica quando a célula passa de vegetação nativa para desmatada.

Para análise dos pesos, a coluna *Range* representa o intervalo de distancia utilizado. A coluna *Weight* mostra os coeficientes dos pesos de evidencias obtidos (Figura 14).

Range interval	Weight
0 - 100	1.09731996059418
100 - 200	1.09731996059418
200 - 300	-0.327048003673553
300 - 400	-0.366277992725372
400 - 600	-0.440194010734558
600 - 800	-0.595111012458801
800 - 1000	-0.811366975307465
1000 - 1400	-1.067999958992
1400 - 2000	-1.38969004154205
2000 - 3000	-1.6793600320816
3000 - 5100	-2.23606991767883
5100 - 15200	-3.38085007667542

Figura 14 - Pesos de evidencia para a variável Distancia das áreas desmatadas.

O comportamento do peso de evidencia indica o quanto a variável em teste contribui para a mudança do mapa de uso e cobertura do solo. Os valores positivos indicam que a variável contribui para o desmatamento, já os valores negativos indicam a contribuição da variável para inibir o desmatamento.

Como os pesos de evidencia foram calculados para o modelo regionalizado e não regionalizados foram semelhantes, para a análise que se segue será feita em cima dos pesos gerados para o modelo não regionalizado.

Para a variável distancia das áreas desmatadas observou-se que o desmatamento é mais intenso em áreas que se encontram em um raio de até 200 m das áreas já desmatadas (Figura 15). E à medida que se aumenta a distancia das manchas desmatadas, o desmatamento sofre pouca influencia da mesma.

Range interval	Weight
0 - 200	1.09731996059418
200 - 300	-0.327048003673553
300 - 400	-0.366277992725372
400 - 600	-0.440194010734558
600 - 800	-0.595111012458801
800 - 1000	-0.811366975307465
1000 - 1400	-1.067999958992
1400 - 2000	-1.38969004154205
2000 - 3000	-1.6793600320816
3000 - 5100	-2.23606991767883
5100 - 15200	-3.38085007667542

Figura 15 - Pesos de evidencia para a variável Distancia das áreas desmatadas

Para a variável áreas protegidas verificou-se que a APA, classe que foi separada da classe de Uso Sustentável, foi a que mais contribuiu para o desmatamento e as Terras Indígenas a que mais restringiu o desmatamento (Figura 16).

Transitions		View Ranges	Range Detailed Information														
<ul style="list-style-type: none"> <li>2-&gt;1               <ul style="list-style-type: none"> <li>distance/distance_to_1</li> <li>variaveis_solos/areas_protegidas</li> <li>variaveis_solos/d_cidades</li> <li>variaveis_solos/d_estradas</li> <li>variaveis_solos/dem</li> <li>variaveis_solos/slope</li> <li>variaveis_solos/solos</li> </ul> </li> </ul>			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Range Detailed Information</th> </tr> <tr> <th>Range interval</th> <th>Weight</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0 - 1</td><td>0.12822200357914</td></tr> <tr><td>1 - 2</td><td>-1.04704999923706</td></tr> <tr><td>2 - 3</td><td>-1.96248996257782</td></tr> <tr><td>3 - 4</td><td>-2.87608003616333</td></tr> <tr><td>4 - 5</td><td>-3.30282998085022</td></tr> </tbody> </table>	Range Detailed Information		Range interval	Weight	0 - 1	0.12822200357914	1 - 2	-1.04704999923706	2 - 3	-1.96248996257782	3 - 4	-2.87608003616333	4 - 5	-3.30282998085022
Range Detailed Information																	
Range interval	Weight																
0 - 1	0.12822200357914																
1 - 2	-1.04704999923706																
2 - 3	-1.96248996257782																
3 - 4	-2.87608003616333																
4 - 5	-3.30282998085022																

Figura 16 - Pesos de evidencia para a variável Áreas Protegidas.

Para a variável Atração Urbana, uma das variáveis com grande influencia no desmatamento, o raio de influencia (que favorece o desmatamento) chega a 4600 m dos centros urbanos (Figura 17).

Transitions		View Ranges	Range Detailed Information																																																										
<ul style="list-style-type: none"> <li>2-&gt;1               <ul style="list-style-type: none"> <li>distance/distance_to_1</li> <li>variaveis_solos/areas_protegidas</li> <li>variaveis_solos/d_cidades</li> <li>variaveis_solos/d_estradas</li> <li>variaveis_solos/dem</li> <li>variaveis_solos/slope</li> <li>variaveis_solos/solos</li> </ul> </li> </ul>			<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Range Detailed Information</th> </tr> <tr> <th>Range interval</th> <th>Weight</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>600 - 700</td><td>0.281866997480392</td></tr> <tr><td>700 - 900</td><td>0.276387006044388</td></tr> <tr><td>900 - 1100</td><td>0.28507399559021</td></tr> <tr><td>1100 - 1300</td><td>0.256729006767273</td></tr> <tr><td>1300 - 1500</td><td>0.24125300347805</td></tr> <tr><td>1500 - 1700</td><td>0.209414005279541</td></tr> <tr><td>1700 - 1900</td><td>0.193724006414413</td></tr> <tr><td>1900 - 2100</td><td>0.169122993946075</td></tr> <tr><td>2100 - 2300</td><td>0.161895006895065</td></tr> <tr><td>2300 - 2500</td><td>0.161504998803139</td></tr> <tr><td>2500 - 2600</td><td>0.143364995718002</td></tr> <tr><td>2600 - 2800</td><td>0.141542002558708</td></tr> <tr><td>2800 - 2900</td><td>0.123591996729374</td></tr> <tr><td>2900 - 3100</td><td>0.129811003804207</td></tr> <tr><td>3100 - 3300</td><td>0.0829491019248962</td></tr> <tr><td>3300 - 3400</td><td>0.0919874981045723</td></tr> <tr><td>3400 - 3600</td><td>0.10334900021553</td></tr> <tr><td>3600 - 3800</td><td>0.0827206969261169</td></tr> <tr><td>3800 - 4000</td><td>0.0749851986765862</td></tr> <tr><td>4000 - 4200</td><td>0.0814225971698761</td></tr> <tr><td>4200 - 4400</td><td>0.0414599999785423</td></tr> <tr><td>4400 - 4600</td><td>0.0389375984668732</td></tr> <tr><td>4600 - 4800</td><td>0.0388084016740322</td></tr> <tr><td>4800 - 5000</td><td>0.0347925014793873</td></tr> <tr><td>5000 - 5200</td><td>0.0142443003132939</td></tr> <tr><td>5200 - 5400</td><td>0.00829559005796909</td></tr> <tr><td>5400 - 5600</td><td>0.0252244006842375</td></tr> </tbody> </table>	Range Detailed Information		Range interval	Weight	600 - 700	0.281866997480392	700 - 900	0.276387006044388	900 - 1100	0.28507399559021	1100 - 1300	0.256729006767273	1300 - 1500	0.24125300347805	1500 - 1700	0.209414005279541	1700 - 1900	0.193724006414413	1900 - 2100	0.169122993946075	2100 - 2300	0.161895006895065	2300 - 2500	0.161504998803139	2500 - 2600	0.143364995718002	2600 - 2800	0.141542002558708	2800 - 2900	0.123591996729374	2900 - 3100	0.129811003804207	3100 - 3300	0.0829491019248962	3300 - 3400	0.0919874981045723	3400 - 3600	0.10334900021553	3600 - 3800	0.0827206969261169	3800 - 4000	0.0749851986765862	4000 - 4200	0.0814225971698761	4200 - 4400	0.0414599999785423	4400 - 4600	0.0389375984668732	4600 - 4800	0.0388084016740322	4800 - 5000	0.0347925014793873	5000 - 5200	0.0142443003132939	5200 - 5400	0.00829559005796909	5400 - 5600	0.0252244006842375
Range Detailed Information																																																													
Range interval	Weight																																																												
600 - 700	0.281866997480392																																																												
700 - 900	0.276387006044388																																																												
900 - 1100	0.28507399559021																																																												
1100 - 1300	0.256729006767273																																																												
1300 - 1500	0.24125300347805																																																												
1500 - 1700	0.209414005279541																																																												
1700 - 1900	0.193724006414413																																																												
1900 - 2100	0.169122993946075																																																												
2100 - 2300	0.161895006895065																																																												
2300 - 2500	0.161504998803139																																																												
2500 - 2600	0.143364995718002																																																												
2600 - 2800	0.141542002558708																																																												
2800 - 2900	0.123591996729374																																																												
2900 - 3100	0.129811003804207																																																												
3100 - 3300	0.0829491019248962																																																												
3300 - 3400	0.0919874981045723																																																												
3400 - 3600	0.10334900021553																																																												
3600 - 3800	0.0827206969261169																																																												
3800 - 4000	0.0749851986765862																																																												
4000 - 4200	0.0814225971698761																																																												
4200 - 4400	0.0414599999785423																																																												
4400 - 4600	0.0389375984668732																																																												
4600 - 4800	0.0388084016740322																																																												
4800 - 5000	0.0347925014793873																																																												
5000 - 5200	0.0142443003132939																																																												
5200 - 5400	0.00829559005796909																																																												
5400 - 5600	0.0252244006842375																																																												

Figura 17 - Pesos de evidencia para a variável Distancia das estradas.

O forte peso dessa variável pode ser explicado pelo momento vivido pelo Estado de Goiás que é de intensa absorção populacional, crescente modernização da planta agropecuária e expansão da estrutura produtiva, sobretudo em atividades industriais com forte ligação ao setor agropecuário.

De acordo com os dados do Censo Demográfico 2010 (Figura 18), o Estado de Goiás ultrapassou a marca de 6 milhões de residentes registrando 6.003.788 habitantes.

Se comparado ao resultado do Censo Demográfico de 1991 houve um incremento populacional em Goiás de 49,62% - valor muito acima do índice nacional (29,92%).

A população goiana representa 43% de todo o contingente demográfico do Centro-Oeste. Em termos nacionais Goiás respondia em 1991 por 2,74% de toda a população brasileira. Em 2000, este índice passou para 2,95% e agora, com o Censo 2010, esta proporção saltou para 3,15%.

No intervalo de 2000 a 2010, entre os últimos censos demográficos do IBGE, a população do Estado de Goiás cresceu 20% passando de 5.003.228 para 6.003.788 habitantes.

No intervalo 2000-2010, enquanto o Brasil cresceu 12%, Goiás cresceu 20% o que resultou numa média geométrica de crescimento estadual de 1,84% ao ano contra 1,17% do Brasil.

Na demografia, o alto crescimento geométrico populacional pode ser explicado pelas altas taxas de natalidade ou pela grande absorção de imigrantes. A seguir apresentam-se alguns gráficos e analisa-se qual desses fenômenos mais contribuiu para o grande incremento populacional vivido por Goiás.

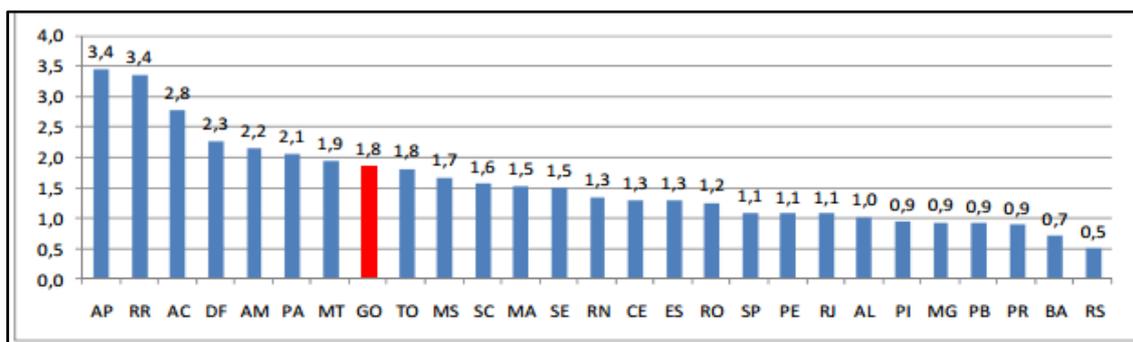


Figura 18 - Taxa de Crescimento Populacional Anual – 2000/2010

Entretanto, maior que o crescimento demográfico experimentado, talvez seja a mudança estrutural ocorrida. De acordo com estimativas do IBGE, em 2040 a população nacional deve parar de crescer e experimentar a redução populacional. Embora estudiosos apontem a desaceleração e a interrupção do crescimento demográfico brasileiro, há um fator que não deve sofrer redução e merece destaque: a mudança na composição demográfica. Os sucessivos e contínuos processos de mudança e alteração da estrutura demográfica devem assumir papel de relevância no cenário do planejamento

Para a variável distancia de estradas, também uma forte variável para o modelo, observou – se que o raio de influencia para o desmate é de até 4400 m, destacando- se a BR – 060 (Brasília – Bela Vista) e BR – 153 (Belém – Brasília).

A partir da politica de Estado de interiorização do desenvolvimento com a implantação de um infra-estrutura de transporte nas primeiras décadas do século XX, das mudanças politico-institucionais apos 1930 e da construção de Goiânia e Brasília, ocorreu a expansão da

fronteira agrícola no Cerrado goiano. Sua integração ao circuito do mercado brasileiro apoiou-se no sistema ferroviário. Esses eventos estimularam o crescimento e especialização da agropecuária em Goiás e o incremento da urbanização. Já a integração regional foi favorecida pela construção das rodovias que permitira a circulação interna de produtos e pessoas (MENDES,2008)

A fase desenvolvimentista que viveu e vive o Brasil proporcionou, no decorrer de sua implantação, uma ocupação do território nacional de forma integral, a fim de promover em todo o território a ocupação antrópica e diminuir as diferenças sociais existentes entre estas regiões. Mas essa forma de ocupação acarretou aos biomas nacionais grandes prejuízos que ocasionaram o risco de extinção dos mesmos se atitudes de preservação ambiental não forem tomadas. No entanto, leis ambientais que procuram diminuir esse fácil acesso para ocupação do espaço natural não são cumpridas por todo o país e embora elas sejam para todos os biomas nacionais, acabam por serem aplicadas em apenas alguns, e o Cerrado torna-se um dos biomas que são descriminados e fica fora dos limites de preservação, acarretando uma grande devastação que ameaça a sua existência futura (BARROS, 2009).

Para a variável altitude, a faixa de influencia para o desmatamento vai de 290 a 430 m (Figura 19).

Range interval	Weight
220 - 230	-0.7535799741745
230 - 240	-0.301945000886917
240 - 250	0.0448775999248028
250 - 260	-0.105323001742363
250 - 270	0.0749349966645241
270 - 280	-0.0806370005011559
280 - 290	-0.024983199313283
290 - 300	0.138861998915672
300 - 310	0.271306991577148
310 - 320	0.429565995931625
320 - 330	0.453649997711182
330 - 340	0.449176996946335
340 - 350	0.533948004245758
350 - 360	0.487343996763229
350 - 370	0.521499991416931
370 - 380	0.451954990625381
380 - 390	0.420969009399414
390 - 400	0.262291014194489
400 - 410	0.156284004449844
410 - 420	0.0991628989577293
420 - 430	0.108604997396469
430 - 440	-0.0170869007706642
440 - 450	-0.396656006574631
450 - 460	-0.15845200419426
450 - 470	-0.0579416006803513
470 - 480	-0.00130283995531499
480 - 490	0.111807003617287
490 - 500	0.172836005687714

Figura 19 - Pesos de evidencia para a variável Altitude (DEM).

Áreas planas de baixa e media altitude, são mais favoráveis a praticas agrícolas, pois são espaços onde o solo é geralmente mais fértil e a utilização do maquinário agrícola é facilitada. Para a área de estudo, identificou-se que áreas com elevadas altitudes possuem solos mais ácidos e com maior deficiência em nutrientes. Essas análises foram feitas cruzando-se o *shape* de aptidão agrícola e o Modelo de Elevação gerado para o estado.

Observando os percentuais de áreas aptas para cultivo indicam grande percentual de regiões classificadas como boas para pratica agrícola (Figura 20).

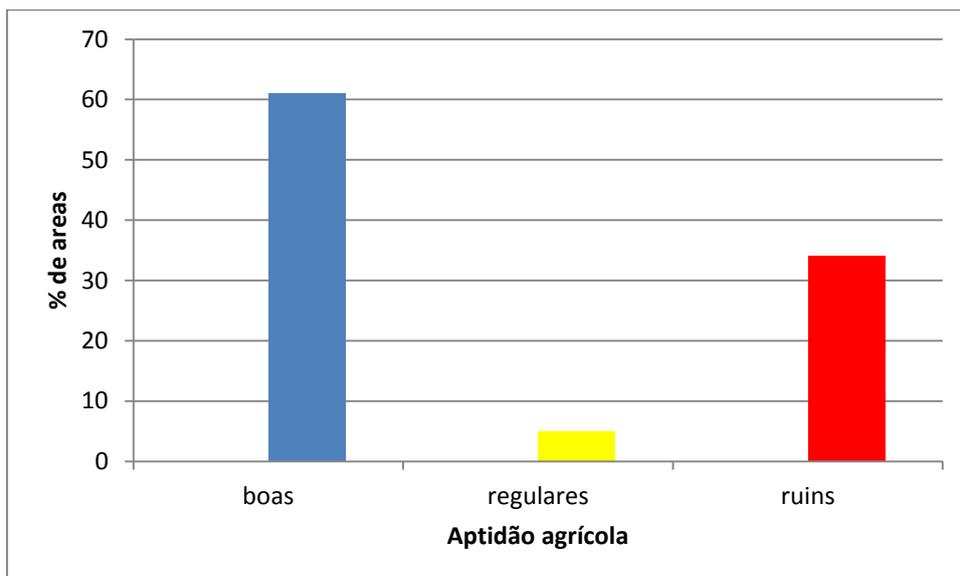


Figura 20 - % de Áreas aptas a agricultura.

Cruzando o Modelo de Elevação com o *shape* de aptidão agrícola, observa-se que as limitações de cultivo no estado se dão pela baixa disponibilidade de nutrientes, acidez e salinidade. Fatores esses que limitam a produção mas que podem ser facilmente corrigidos com praticas agrícolas e tecnologia na produção.

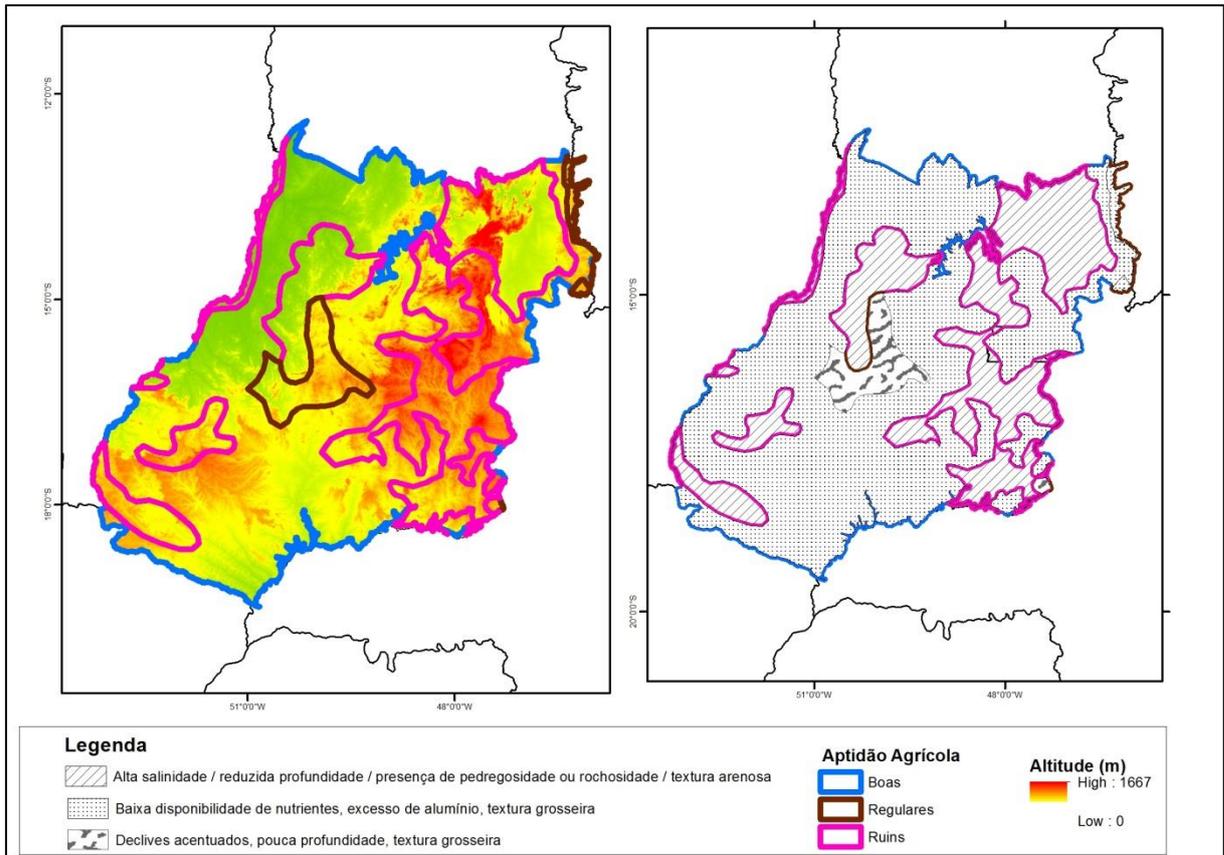


Figura 21 - Mapa de Aptidão Agrícola e altitude.

Para a variável declividade, a faixa que mais contribui para o desmatamento varia de 0 a 10 graus (Figura 22). Pode-se explicar esse comportamento pelo aumento de custos de colheita e logística a medida que a área se torna mais íngreme.

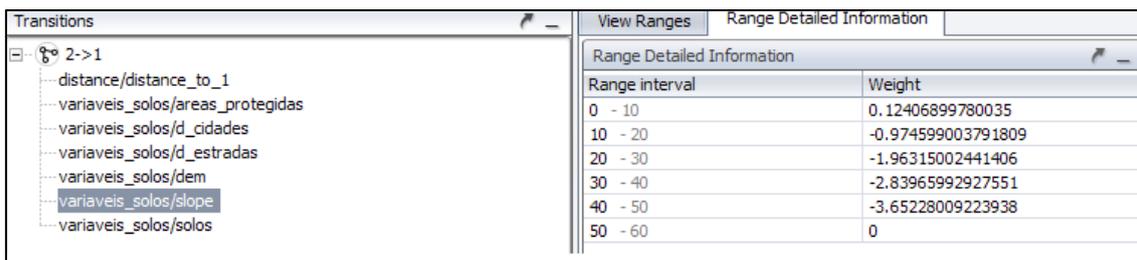


Figura 22 - Pesos de evidência para a variável declividade (SLOPE).

Para a variável solos, as associações de solos, cambissolos e plintossolos foram as classes de maior peso para conversão em desmatamento (Figura 23).

Transitions		View Ranges	Range Detailed Information																										
<ul style="list-style-type: none"> <li>2-&gt;1</li> <li>distance/distance_to_1</li> <li>variaveis_solos/areas_protegidas</li> <li>variaveis_solos/d_cidades</li> <li>variaveis_solos/d_estradas</li> <li>variaveis_solos/dem</li> <li>variaveis_solos/slope</li> <li>variaveis_solos/solos</li> </ul>		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Range Detailed Information</th> </tr> <tr> <th>Range interval</th> <th>Weight</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>0 - 1</td><td>0.419456005096436</td></tr> <tr><td>1 - 2</td><td>-1.03849005699158</td></tr> <tr><td>2 - 3</td><td>-1.86143004894257</td></tr> <tr><td>3 - 4</td><td>0.383758991956711</td></tr> <tr><td>4 - 5</td><td>-0.0772667974233627</td></tr> <tr><td>5 - 6</td><td>-0.157998993992805</td></tr> <tr><td>6 - 7</td><td>-0.122445002198219</td></tr> <tr><td>7 - 8</td><td>0.342572003602982</td></tr> <tr><td>8 - 9</td><td>-0.58432000875473</td></tr> <tr><td>9 - 10</td><td>0.400315999984741</td></tr> <tr><td>10 - 11</td><td>-0.331232994794846</td></tr> </tbody> </table>		Range Detailed Information		Range interval	Weight	0 - 1	0.419456005096436	1 - 2	-1.03849005699158	2 - 3	-1.86143004894257	3 - 4	0.383758991956711	4 - 5	-0.0772667974233627	5 - 6	-0.157998993992805	6 - 7	-0.122445002198219	7 - 8	0.342572003602982	8 - 9	-0.58432000875473	9 - 10	0.400315999984741	10 - 11	-0.331232994794846
Range Detailed Information																													
Range interval	Weight																												
0 - 1	0.419456005096436																												
1 - 2	-1.03849005699158																												
2 - 3	-1.86143004894257																												
3 - 4	0.383758991956711																												
4 - 5	-0.0772667974233627																												
5 - 6	-0.157998993992805																												
6 - 7	-0.122445002198219																												
7 - 8	0.342572003602982																												
8 - 9	-0.58432000875473																												
9 - 10	0.400315999984741																												
10 - 11	-0.331232994794846																												

Figura 23 - Pesos de evidencia para a variável solos.

O percentual de cada tipo de solo para a região de estudo (Goiás somado ao DF) está descrito na figura 24. Para fins de calculo, algumas classes os valores foram arredondados.

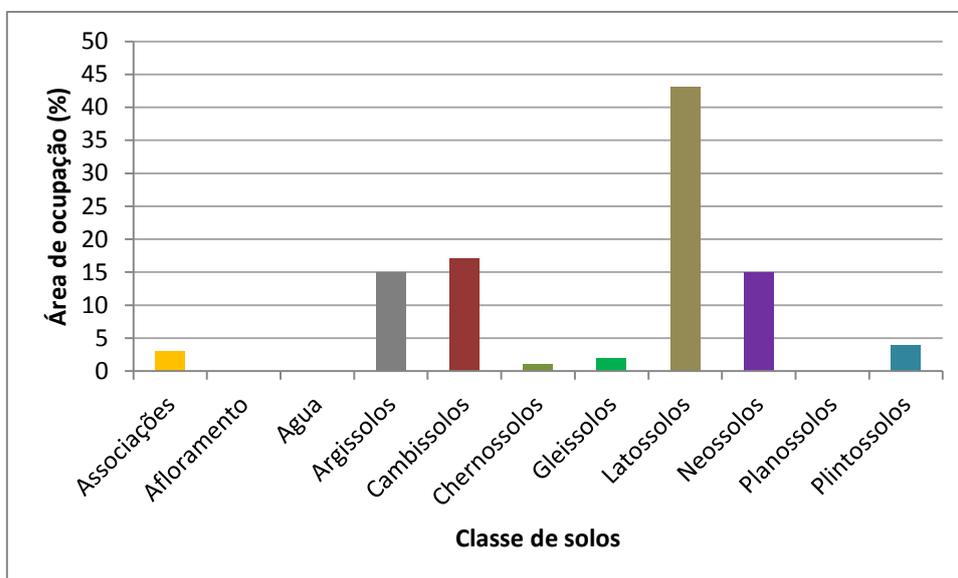


Figura 24 - % de solos para o estado de Goiás.

Cruzando informações das classes de solo supracitadas com áreas aptas a agricultura bem como as informações de desmatamento, atribui-se o favorecimento ao desmatamento por ocuparem as poucas áreas ainda não desmatadas (regiões próximas as UC's) e regiões de relevo plano.

As associações de solo, em sua maioria latossolos, possuem combinações de características físicas, químicas e biológicas que favorecem o cultivo. As limitações, já conhecidas como baixo pH e os altos níveis de alumínio, podem ser corrigidos por praticas como calagem e adubação.

Os cambissolos, em geral, apresentam bom potencial agrícola. Sua grande limitação é a drenagem que quando associado a planícies estão sujeitos a inundações que dependendo de sua frequência podem limitar o uso do solo (EMBRAPA,2010).

Os plintossolos são típicos de regiões de estação seca bem definida ou com pelo menos períodos de privação hídrica. As principais limitações desta classe de solo para o uso agrícola estão relacionadas à baixa fertilidade natural, acidez elevada e drenagem (EMBRAPA, 2010). Quando associados a planícies apresentam bom potencial agrícola.

Práticas conservacionista como o plantio direto, contribuem, para o manejo e conservação do solo visto que aumentam o nível de matéria orgânica no solo e evita o revolvimento das camadas.

#### 6.2.Simulação e Validação

Na fase de simulação e validação foram utilizados os dados de desmatamento para o período de 2008 a 2010. Assim, foram produzidos o mapa de probabilidade e o mapa simulado de desmatamento para o ano de 2010.

O mapa de probabilidade possui diferentes valores em cada célula que indicam as transições possíveis ao processo de alteração do uso da terra (Figura 24).

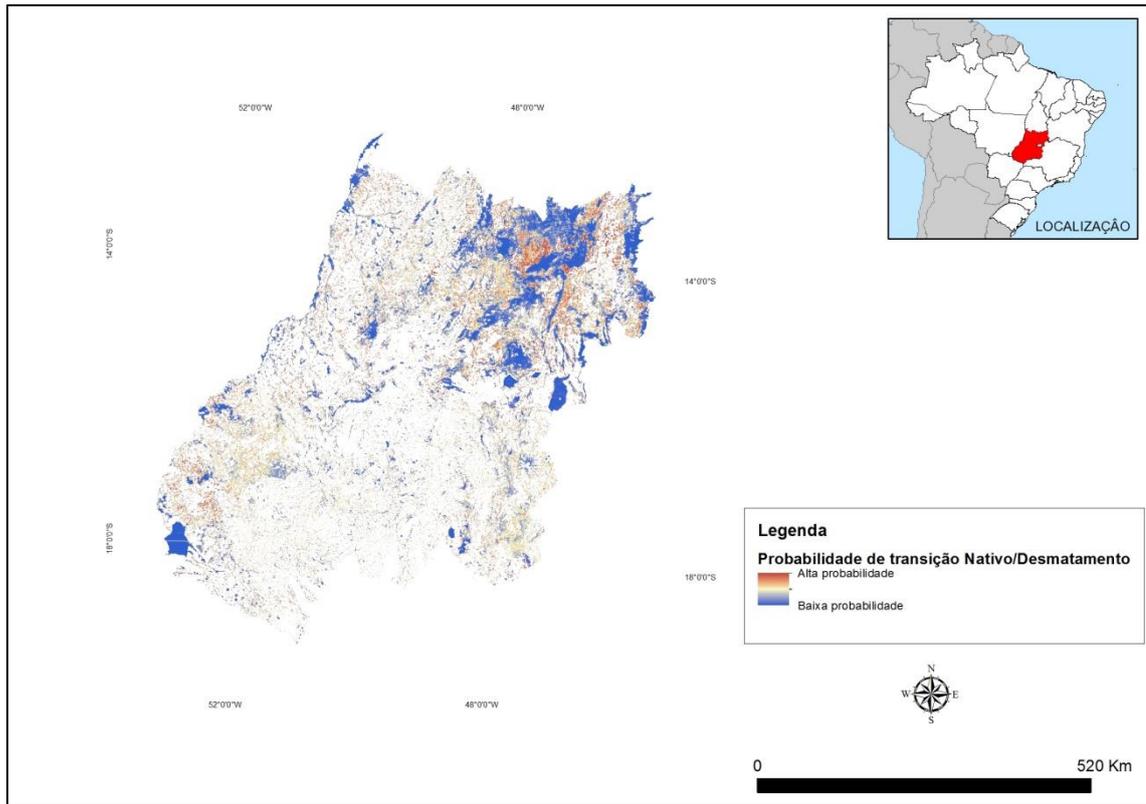


Figura 25 - Mapa de probabilidade de desmatamento.

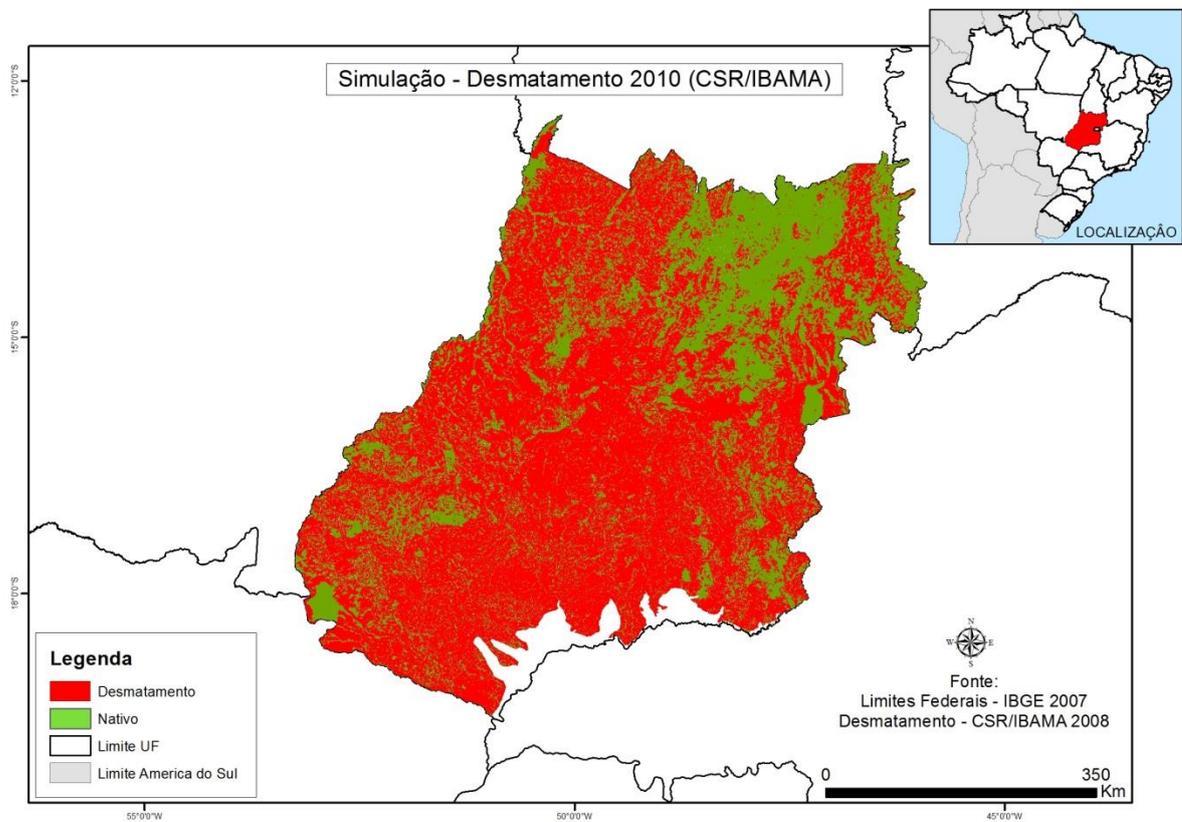


Figura 26 - Mapa de simulação para o ano de 2010

A similaridade entre o mapa de referencia de 2010 e o mapa simulado para 2010 foi realizada pela a metodologia Fuzzy. A tabela 7 mostra a similaridade para cada janela (pixel).

Modelo	Tamanho das janelas (pixel)	Índice de similaridade
Simulação 2008 - 2010	1 x 1	0,35
	3 x 3	0,58
	5 x 5	0,73
	7 x 7	0,81
	9 x 9	0,88
	11 x 11	0,92
	13 x 13	0,95

Tabela 7 - Similaridade de Fuzzy.

Esse método de avaliação é considerado como de concordância flexível, pois não se baseia no ajuste pixel a pixel, mas sim no ajuste por múltiplas resoluções, no qual os valores tendem a serem superiores quando comparados aos índices de concordância rígida (FERRARI, 2008). Segundo Barni (2009), um valor de índice de similaridade superior a 50%, em janelas de 5x5 de resolução, indica que os resultados podem ser considerados satisfatórios, desde que, os padrões de distribuição espacial do fenômeno em estudo (desmatamento) sejam similares no mapa de referencia e no mapa simulado (PIONTEKOWSKI, 2014).

O índice tende a ser maior quanto maior forem as janelas de amostragem. Assim sendo, a partir de certa resolução (em geral, acima de 11 ou 13 pixels) é comum ocorrer a saturação, conferindo ineficiência ao mesmo para avaliar o ajuste entre o mapa real e o mapa simulado (FERRARI, 2008).

Assim, observando a semelhança entre o mapa simulado para o desmatamento em 2010 e o mapa base do desmatamento para o mesmo período, os valores de similaridade reforçam que o modelo retratou de forma correta o fenômeno em estudo.

### 6.3. Projeção do desmatamento

O desmatamento foi projetado até o ano de 2040 para o estado de Goiás.

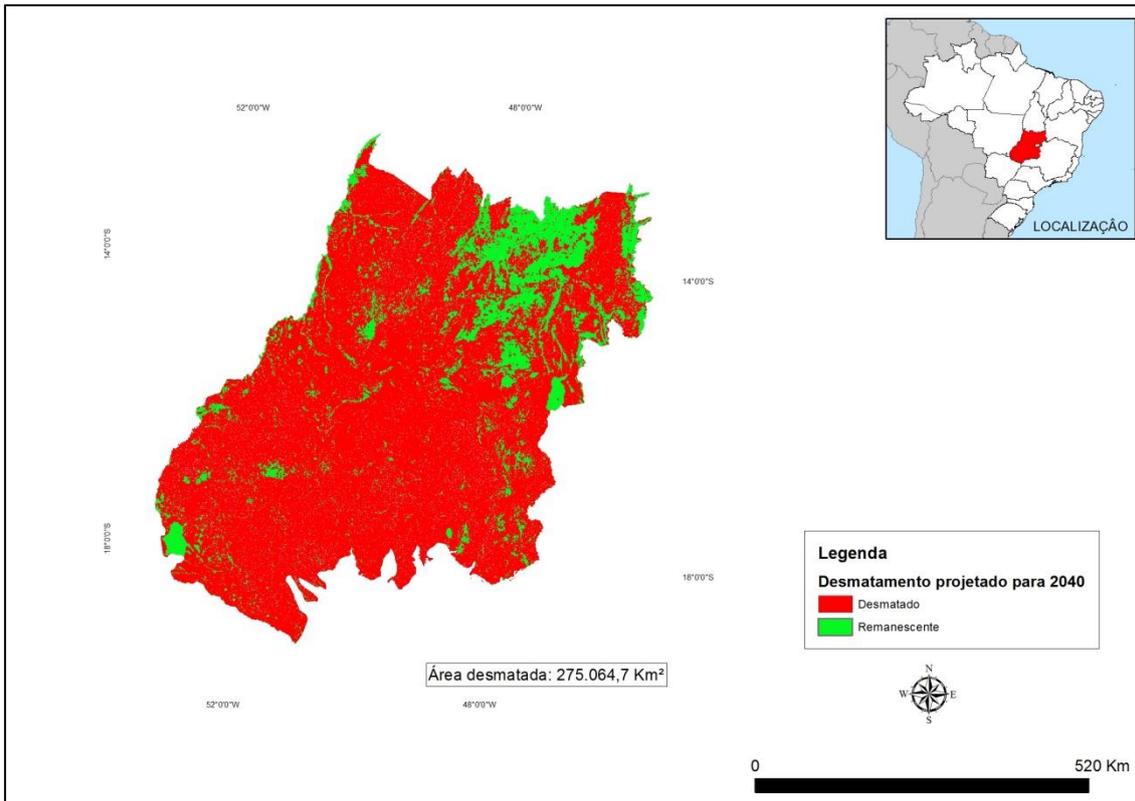


Figura 27 - Projeção do desmatamento para 2040.

O desmatamento acumulado até o ano de 2040 foi calculado em 275.064,7 Km<sup>2</sup>. As projeções realizadas para o período de 2013 a 2040 revelam a tendência de crescente devastação para o estado de Goiás. Mas manchas de remanescentes ainda são identificadas uma vez que correspondem às áreas de Unidades de Conservação, em grande parte, pelas áreas de Proteção Integral e terras indígenas.

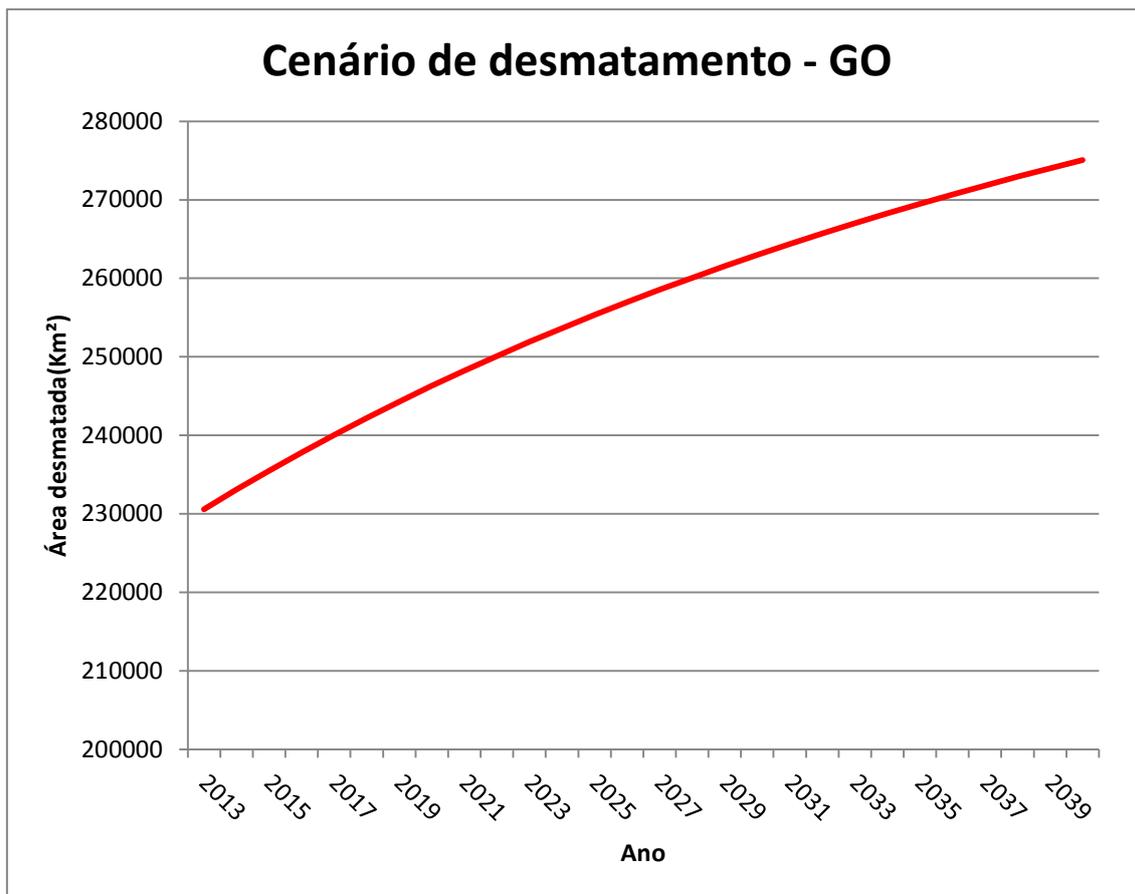


Figura 28 - Taxa de desmatamento 2013 - 2040.

A partir dos resultados obtidos, pode – se dizer que a situação do Cerrado é bastante crítica e preocupante. Mesmo os recentes esforços do Ministério do Meio Ambiente - MMA em identificar áreas prioritárias para a conservação e iniciar um processo de organização do conhecimento sobre a biodiversidade do bioma não têm sido capazes de conter a atual tendência ao desaparecimento do Cerrado. Estima – se que o bioma deverá ser totalmente destruído no ano de 2030, caso as tendências de ocupação continuem causando uma perda anual de 2,2 milhões de hectares de áreas nativas.

Um cenário futuro para o Cerrado indica que, considerando uma retirada anual de 2,215 milhões de hectares (assumindo uma taxa conservativa de 1,1% ao ano), considerando a existência de 34,22% de áreas nativas remanescentes (baseado na estimativa dada por Mantovani e Pereira [1998] para as classes ‘cerrado não antropizado’ e cerrado ‘antropizado’) e considerando que as unidades de conservação (que representam 2,2% do Cerrado) e as terras indígenas (que representam 2,3% do Cerrado) serão mantidas no futuro, seria de se esperar que o Cerrado desaparecesse no ano de 2030. Apesar dos vários fatores que influenciam nessa projeção, é possível perceber pelo menos duas coisas importantes: primeiro é que temos que

encontrar formas de elevar a importância da conservação do Cerrado para o mesmo patamar de sua importância para a produção agrícola e pecuária e segundo, e talvez o mais importante, é que ainda temos tempo de reverter essa situação e iniciar um trabalho de recomposição de áreas consideradas importantes para a biodiversidade e para a conservação dos recursos hídricos (CI,2004).

Uma taxa média de desmatamento de aproximadamente 1,1% ao ano representa uma perda anual de 2,2 milhões de hectares para o Cerrado, caso as políticas públicas continuem sendo conduzidas de forma antagônica. Dentro dessa perspectiva, as projeções futuras para a conservação do Cerrado não são nada boas. Se por um lado o Ministério do Meio Ambiente - MMA trabalha para que o percentual de áreas protegidas no Cerrado aumente para um patamar maior (hoje as unidades de conservação representam 2,2% da área original do Cerrado [Rylands et al., no prelo]), o Ministério da Agricultura trabalha com uma perspectiva de utilização de aproximadamente 100 milhões de hectares adicionais para a expansão da agricultura.(CI,2004)

Dados obtidos no banco de dados do IBGE indicam que a área ocupada pela cultura da soja tem aumentado enormemente no país . De acordo com o anuário estatístico do agronegócio (Agrianual de 2003), mesmo considerando que a tecnologia tem aumentado a produtividade, que passou de aproximadamente 2,5 toneladas por hectare em 1995 para 2,9 toneladas por hectare em 2002, a área plantada tem aumentado em uma proporção muito maior. A área destinada ao plantio da soja praticamente dobrou de tamanho, indicando que o bom momento do mercado pode estar atraindo cada vez mais empreendedores para a atividade. Essa tendência de aumento pode ser vista também em regiões localizadas na fronteira agrícola. Nessas áreas percebe-se que a introdução da soja pode mudar em pouco tempo a realidade local.

Avaliando-se a projeção de desmatamento regionalizada (municípios) é possível perceber que somente os municípios de Minaçu, Campinaçu, Colinas do Sul, Niquelandia, Cavalcante, Monte Alegre de Goiás, Nova Roma, Alto Paraíso de Goiás, São Joao D'aliança, Planaltina, Formosa, Alvorada do Norte e Flores de Goiás que contam com Unidades de Conservação e Terras indígenas além de terreno muito íngreme e impróprio para agricultura, terão áreas de vegetação nativa em seu território. Os demais 288 municípios estarão em situação alarmante.

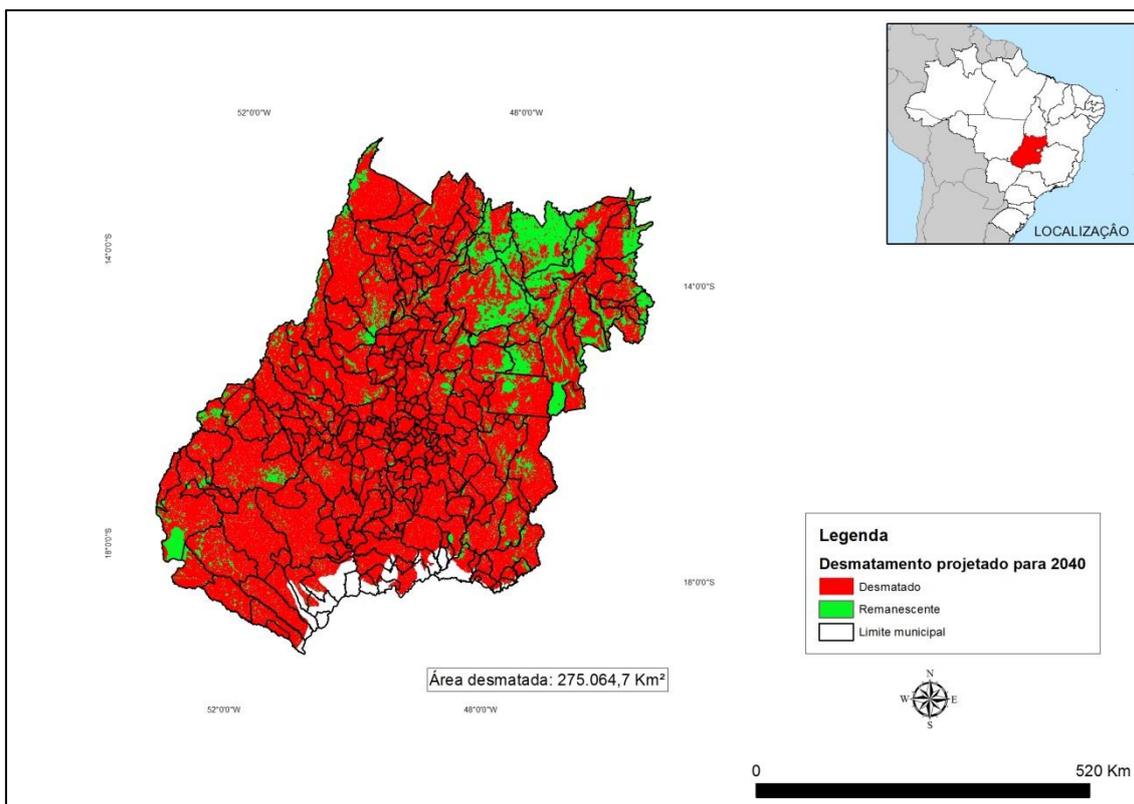


Figura 29 - Desmatamento municipal 2013 - 2040.

Além das atividades de agricultura e pecuária, há também a pressão da demanda por carvão vegetal para a indústria siderúrgica. Do total de 9,5 milhões de toneladas de carvão vegetal produzido no Brasil, em 2005, 49,6 % foram oriundos da vegetação nativa (MCT, 2010 apud AMS,2007).

#### 6.4. Recomendações para redução do desmatamento.

- Ampliar a porcentagem das áreas de proteção integral no cerrado, que hoje não chega a 3% do bioma, preferencialmente conciliando o aumento da proteção com a política de proteção de recursos hídricos;
- Implementar um programa de monitoramento continuado por satélite de forma a acompanhar o uso do solo no Cerrado;
- Estimular a manutenção e o fortalecimento socioeconômico dos núcleos de produção mais tradicionais, incentivando a diversificação de produtos em regiões ambientalmente mais sensíveis, onde os produtores rurais seriam estimulados a implantar sistemas produtivos mais adaptados às condições locais e menos impactantes, agregando valor aos produtos típicos do Cerrado.

## 6.5. Recomendações para melhorar o modelo de projeção do desmatamento

Algumas variáveis podem ser incluídas ou alteradas para que as projeções geradas retratem de forma fidedigna o desmatamento em Goiás.

A maior disponibilidade de dados de uso do solo para o estado é interessante para melhorar a modelagem bem como que esse dado fosse difundido por diferentes órgãos com diferentes metodologias com vistas à determinação do método mais adequado não só para Goiás como para o Cerrado como um todo.

A regionalização, nesse estudo feita por municípios, pode ter como premissa a maior influencia do fator econômico – social. Uma regionalização por micro bacias pode revelar a contribuição dos aspectos físicos e assim ambos os estudos podem ser comparados concluindo qual campo é mais efetivo na explicação do fenômeno de desmatamento.

## 7. Referências bibliográficas

**PIONTEKOWSKI, V.J. Modelagem Dinâmica do uso e cobertura da terra do estado de Rondônia até 2050.** 2014. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais, Publicação PPGEFL.DM- 226/2014. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília – UnB, Brasília/DF. 88p.

**PIONTEKOWSKI, V. J. Modelagem do desmatamento para o Estado do Acre utilizando o programa DINAMICA EGO.** 2012. Anais 4º Simpósio de Geotecnologias no Pantanal, Bonito, MS. Embrapa Informática Agropecuária/INPE, p. 1064-1075.

**CASTRO, M.C. Fatores econômicos ligados ao desmatamento do cerrado nos municípios goianos.** 2012. Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

**FERREIRA, Manuel Eduardo. Modelagem da dinâmica de paisagem do cerrado.** 2012. Universidade Federal de Goiás. Goiânia

**MOREIRA, M. L. O. Unidades de conservação.** 2000. Goiás.

KLINK, C. A.; MOREIRA, A. G. **Past and current human occupation and land-use.** In: OLIVEIRA, P. S.; MARQUIS, R.J. (Orgs.) **The Cerrado of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna.** 2002. New York: Columbia University. p. 69-88.

MYERS, N.\*; MITTERMEIER, R. A.; MITTERMEIER, C. G.; FONSECA, G. A. B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities.** 2000. Nature, v. 403.

SANO, E. E. et al. **Mapeamento semidetalhado do uso da terra do Bioma Cerrado.** 2008. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v. 43, n. 1, p.153-156.

SAWYER, D. **População, meio ambiente e desenvolvimento sustentável no cerrado.** In: HOGAN, D. J. et al. (Org.). **Migração e ambiente no Centro-Oeste.** 2002. Campinas. PRONEX/UNICAMP. p. 279-299.

SEROA DA MOTTA, R. **The economics of biodiversity in Brazil: the case of forest conversion.** 1996. Rio de Janeiro: IPEA. 21p.

SHIKI, S. **Sistema agroalimentar no Cerrado brasileiro: caminhando para o caos ?** In: SILVA, J. G.; SHIKI, S.; ORTEGA, A. C. (Orgs) **Agricultura, meio ambiente e sustentabilidade do Cerrado brasileiro.** 1997. Uberlândia: UFU. 372 p.

SANTOS, Mauro Augusto dos. **O cerrado brasileiro: notas para estudo.** 2010. Belo Horizonte. UFMG/Cedeplar.

MACHADO, R.B. **Estimativas de perda da área do Cerrado brasileiro.** 2004. Relatório técnico não publicado. Conservação Internacional, Brasília, DF.

.  
Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado – PPCERRADO. 2008. MMA.

D'ALGE, J. C. L.. **Cartografia para geoprocessamento.** 2012. INPE.

**Dinâmica Populacional de Goiás: Análise de Resultados do Censo Demográfico.** 2010. IBGE. Estado de Goiás. Secretaria de gestão e planejamento superintendência de estatísticas, pesquisa e informações socioeconômicas.

MENDONÇA, R. C. **Flora vascular do Bioma Cerrado: checklist com 12.356 espécies.** In: SANO S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (Org.) **Cerrado: ecologia e flora.** 2008. Volume 2. Brasília: Embrapa. Cerrados. p. 213-228.

FELGUEIRAS, C.A. **Modelagem ambiental com tratamento de incertezas em sistemas de informação geográfica: o paradigma geoestatístico por indicação.** 1999. INPE. São José dos Campos.

BARROS, F. S. **A ação do homem no processo de destruição do Cerrado.** 2009. Brasília. DF

Hotspot disponível em: [www.conservacao.org](http://www.conservacao.org), acesso em maio de 2014.

Alterações Código Florestal disponível em: [www.senado.gov.br](http://www.senado.gov.br), acesso em maio de 2014.

Histórico de ocupação disponível em: <http://www.incra.gov.br>, acesso em abril de 2014.

Informações do estado disponível em: <http://www.goias.gov.br>, acesso em maio de 2014.

Shape aptidão Agrícola disponível em: <http://www.lapig.iesa.ufg.br>

Shape de hidrografia e solos disponível em: <http://www.sieg.go.gov.br>, acesso em maio de 2014.

Shape de Unidades de conservação disponível em: <http://www.mma.gov.br>, acesso em maio de 2014.

Shape de bacias e rodovias disponível em: <http://www.hidroweb.ana.gov.br>, acesso em maio de 2014.

Censo 2010 disponível em: [www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br), acesso em junho de 2014.

Dados de Unidades de Conservação disponível em: <http://www.semarh.goias.gov.br>, acesso em junho de 2014.

IMB/SEGPLAN-GO, Instituto Mauro Borges de Estatísticas e Estudos Socioeconômicos.  
Disponível em: [www.imb.go.gov.br](http://www.imb.go.gov.br), acesso em maio de 2014.