



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIO

LÁZARO GABRIEL DE OLIVEIRA ARAÚJO

DINÂMICA DE EXPANSÃO DA SILVICULTURA NO ESTADO DE GOIÁS

Goiânia
2019

**TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR
VERSÕES ELETRÔNICAS DE TESES E DISSERTAÇÕES
NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG**

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: Dissertação Tese

2. Identificação da Tese ou Dissertação:

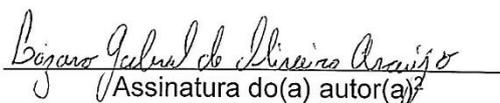
Nome completo do autor: Lázaro Gabriel de Oliveira Araújo

Título do trabalho: Dinâmica de expansão da silvicultura no estado de Goiás

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento SIM NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.


Assinatura do(a) autor(a)

Ciente e de acordo


Assinatura do(a) orientador(a)²

Data: 10/04/19

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

Casos de embargo:

- Solicitação de registro de patente;
- Submissão de artigo em revista científica;
- Publicação como capítulo de livro;
- Publicação da dissertação/tese em livro.

² A assinatura deve ser escaneada.

LÁZARO GABRIEL DE OLIVEIRA ARAÚJO

DINÂMICA DE EXPANSÃO DA SILVICULTURA NO ESTADO DE GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronegócio – PPAGRO da Escola de Agronomia da Universidade Federal de Goiás – EA/UFG, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agronegócio.

Área de Concentração: Sustentabilidade e Competitividade de Sistemas Agroindustriais.

Linha de Pesquisa: Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional

Orientadora: Prof^ª. Dra. Sybelle Barreira

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UFG.

Oliveira Araújo, Lázaro Gabriel de
DINÂMICA DE EXPANSÃO DA SILVICULTURA NO ESTADO DE
GOIÁS [manuscrito] / Lázaro Gabriel de Oliveira Araújo. - 2019.
lxxxv, 85 f.

Orientador: Profa. Dra. Sybelle Barreira.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia e Engenharia de Alimentos (EAEA), Programa de Pós Graduação
em Agronegócio, Goiânia, 2019.

Bibliografia. Apêndice.

Inclui mapas, gráfico, tabelas.

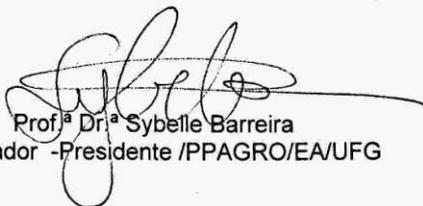
1. Silvicultura . 2. Modelagem espacial. 3. Dinamica EGO. I.
Barreira, Sybelle, orient. II. Título.

CDU 630



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONEGÓCIO - PPAGRO

ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE LÁZARO GABRIEL DE OLIVEIRA ARAÚJO – Aos doze dias do mês de março de dois mil e dezenove (12/03/2019), às 09h00min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof.^a Dr.^a Sybelle Barreira (orientadora/Presidente/PPAGRO/EA/UFG), Prof.^a Dr.^a Cristiane Aparecida Fioravante Reis (membro externo/Embrapa) e Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira (membro interno/PPAGRO/UFG) para, sob a presidência do primeiro, e em sessão pública realizada na Sala 18/EA/Prédio Central, procederem à avaliação da defesa de dissertação intitulada: “**DINÂMICA DE EXPANSÃO DA SILVICULTURA NO ESTADO DE GOIÁS**”, em nível de **Mestrado**, área de concentração em **Sustentabilidade e Competitividade dos Sistemas Agroindustriais**, de autoria de **Lázaro Gabriel de Oliveira Araújo**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof.^a Dr.^a Sybelle Barreira, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra a seguir, foi concedida ao autor da dissertação que, em 30 minutos procedeu à apresentação de seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando, tendo-se adotado o sistema de diálogo sequencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa. Tendo-se em vista o que consta na Resolução n.º 1403/2016 do Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura (CEPEC), que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronegócio e procedidas as correções recomendadas, a dissertação foi **APROVADA** por unanimidade, sendo cumpridos os requisitos para fins de obtenção do título de **MESTRE EM AGRONEGÓCIO**, na área de concentração em **Sustentabilidade e Competitividade dos Sistemas Agroindustriais** pela Universidade Federal de Goiás. A conclusão do curso dar-se-á quando da entrega, na secretaria do programa, da versão definitiva da dissertação, com as devidas correções, no prazo de até 30 dias. A Banca Examinadora recomenda a publicação de artigo científico, oriundo dessa dissertação em periódicos de circulação nacional e/ou internacional depois de atendidas às modificações sugeridas. Cumpridas as formalidades de pauta, às 11h00min, a presidente da mesa encerrou esta sessão de defesa de dissertação e, para constar, eu, Lindinalva de Oliveira Teixeira, secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada será assinada pelos membros da Banca Examinadora em duas vias de igual teor.



Prof.^a Dr.^a Sybelle Barreira
Orientador -Presidente /PPAGRO/EA/UFG

Cristiane A. Fioravante Reis *Manuel Eduardo Ferreira*
Prof. Dr. Cristiane Aparecida Fioravante Reis Prof. Dr. Manuel Eduardo Ferreira
Membro externo/Embrapa Membro interno/PPAGRO/UFG

AGRADECIMENTOS

Agradeço à energia suprema e misteriosa do universo, que me atraiu os pensamentos conduzindo-me a este momento.

A José Luiz, Eliana e Wanessa, que, com suas diferentes formas de apoio e críticas amorosas, me ajudam a evoluir diariamente.

A Ivette Alejandra, com quem compartilho a iluminada jornada de percorrer o sentido da vida. A quem me faço espelho e a quem me vejo refletido.

A Sybelle Barreira, a quem foi conferida a tarefa de receber-me como orientado, mas recebeu-me como amigo desde o primeiro dia, brindando-me com seu bom humor, sua leveza, sinceridade e confiança.

Ao meu velho amigo Yuri, que nos deixou ricos momentos e aprendizados de sua filosofia de vida.

Ao Programa de Pós-graduação em Agronegócio da Universidade Federal de Goiás, que por meio de seus colaboradores, técnicos e professores, oferece à sociedade o alto nível de conhecimento, capaz de promover desenvolvimento real na vida de indivíduos.

RESUMO

Apesar da silvicultura configurar uma atividade estratégica para o setor de energia e transformação na economia brasileira, existem poucos esforços voltados à modelagem espacial da dinâmica de crescimento das florestas plantadas, tanto a nível local quanto regional. Este trabalho busca conhecer os elementos espaciais, bem como seus graus de influência sobre a condução do fenômeno de expansão da silvicultura no estado de Goiás. O trabalho foi dividido em três partes: i) análise exploratória, por meio de levantamento das variáveis espacialmente explícitas, diretamente ligadas à condução do fenômeno; ii) elaboração e execução do modelo de expansão da silvicultura para o estado entre os anos de 2000 e 2015, utilizando a plataforma *Dinamica EGO*; iii) construção de dois cenários de previsão até 2030. No primeiro cenário foram mantidos os pesos das variáveis obtidos no modelo de expansão previamente simulado; no segundo cenário, os pesos foram reordenados, buscando induzir maior eficiência alocativa. Os resultados mostram que a alocação dos povoamentos florestais é fortemente atraída para áreas próximas à estrutura viária e a centros consumidores de produtos madeireiros, tais como, frigoríficos, matadouros, armazéns graneleiros, e mineração. Quanto às características ambientais, a ocorrência de grande parte dos plantios em áreas com relevo ondulado e perfis de aptidão voltados a agricultura de médio nível tecnológico e baixo nível de mecanização, além da distribuição pulverizada em pequenas áreas, é indício de que uma parcela considerável dos produtores opta por áreas periféricas e pouco planejamento quanto à produtividade e qualidade da madeira.

Palavras-chave: Silvicultura; Modelagem espacial; Dinamica EGO.

ABSTRACT

Forestry, although it constitutes a strategic activity for the energy and transformation sector in the Brazilian economy, there are few efforts focused on the spatial modeling of the growth dynamics of planted forests, both locally and regionally. This study aims to know the spatial elements, as well as their degrees of influence on the conduction of the phenomenon of expansion of forestry in the state of Goiás, between 2000 and 2015. The work was divided in three parts: i) exploratory analysis, through a survey of spatially explicit variables directly linked to the conduction of the phenomenon; ii) elaboration and execution of the forestry expansion model for the state of Goiás between the years 2000 and 2015, using the Dinamica EGO platform; iii) construction of two prediction scenarios by 2030. The first scenario retains the weights of the variables according to the previously simulated expansion model; and the second one, reorders weights, seeking to induce greater allocative efficiency. The results show that the allocation of forest stands is strongly attracted to areas close to the road structure and to the consuming centers of wood products, such as refrigerators, bulk warehouses, and mining. Regarding the environmental characteristics, the occurrence of a great part of the plantations in areas with corrugated relief and profiling oriented to agriculture of medium technological level and low level of mechanization, besides the sprayed distribution in small areas, indicates that a considerable portion of producers opts for peripheral areas and little planning regarding productivity and quality of wood.

Keywords: Forestry; Environmental modeling; Dinamica EGO.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ha - Hectare

m³ - Metro Cúbico

Imb - Instituto Mauro Borges

Ibá - Indústria Brasileira de Árvores

Usgs - United States Geological Survey

Segplan - Secretaria de Gestão e Planejamento

Conab - Companhia Nacional de Abastecimento

Sgm - Superintendência de Geologia e Mineração

Ibge - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Sieg - Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás

Cprm - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais

Sic Goiás - Secretaria de Estado de Indústria e Comércio

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Agetop - Agência Goiana de Infraestrutura e Transportes

Lapig - Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento

Macrozaee - Macrozoneamento Agroecológico e Econômico do Estado de Goiás

Emater - Agência Goiana de Assistência Técnica, Extensão Rural e Pesquisa Agropecuária

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Dados geográficos utilizados na pesquisa e respectivas fontes	26
Tabela 02. Variáveis explicativas e intervalos de pesos de evidência	32
Tabela 03. Classes de relevo segundo Embrapa	34
Tabela 04: Área e percentual da silvicultura por intervalo de distância das estradas me Goiás ..	37
Tabela 05: Área e percentual da silvicultura por faixa de distância a consumidores em Goiás ..	39
Tabela 06: Área e percentual por intervalo de produtividade média da silvicultura em Goiás ...	40
Tabela 07: Área e percentual da silvicultura por tipo de solo em Goiás	42
Tabela 08: Área e percentual da silvicultura por cota altimétrica em Goiás	47
Tabela 09: Área e percentual de silvicultura por classe de revelo em Goiás	48
Tabela 10: Área, percentual e indicador de produtividade média da silvicultura por classe de aptidão em Goiás	50
Tabela 11: Área e percentual da silvicultura por classe de vulnerabilidade ambiental em Goiás.....	52
Tabela 12: Estimativas de conversão de usos do solo para silvicultura em 2030, em dois cenários, no estado de Goiás	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Mapa de localização do estado de Goiás e municípios	17
Figura 02: Fluxograma de procedimentos para a etapa de Análise Exploratória	27
Figura 03. Mapa da infraestrutura de transporte e consumo de produtos madeireiros em Goiás.....	28
Figura 04: Fluxograma de procedimentos para a etapa de Modelagem Dinâmica	29
Figura 05: Mapa de distância de estradas e silvicultura em Goiás	36
Figura 06: Mapa da silvicultura e distância aos consumidores de madeira em Goiás	38
Figura 07: Mapa de produtividade média da silvicultura por município no estado de Goiás.....	40
Figura 08: Mapa de Solos e Silvicultura em Goiás	41
Figura 09: Mapa de altimetria e Silvicultura em Goiás	46
Figura 10: Mapa de relevo e Silvicultura em Goiás	48
Figura 11: Mapa de aptidão agrícola e silvicultura em Goiás	49
Figura 12: Mapa de vulnerabilidade ambiental e silvicultura em Goiás	51

Figura 13: Curva de tendência de pesos em função da distância a plantios existentes em 2000.	53
Figura 14: Curva de tendência de pesos em função da distância à infraestrutura	54
Figura 15: Projeção de expansão da silvicultura de 2015 a 2030 no cenário usual em Goiás	56
Figura 16: Projeção de expansão da silvicultura de 2015 a 2030 no cenário ajustado em Goiás.	57
Figura 17: Estimativa da conversão em (%) de uso do solo para silvicultura em 2030 em Goiás.	59

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	13
2. CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE GOIÁS	16
3. REFERENCIAL TEÓRICO	18
3.1. Breve história da silvicultura no Brasil	18
3.2. Principais produtos da Silvicultura em Goiás	20
3.2.1. Carvão	20
3.2.2. Lenha	21
3.2.3. Madeira em tora	22
3.3. Sistema de informação geográfica e modelagem dinâmica	23
4. MATERIAS E MÉTODOS	25
4.1. Análise exploratória	25
4.2. Modelagem espacial de expansão da silvicultura	29
4.2.1 Cálculo da matriz de transição	30
4.2.2. Pesos de evidência	31
4.2.3 Simulação e validação do modelo (2000 a 2015)	32
4.2.4 Cenários de predição	33
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
5.1. Análise exploratória da silvicultura no estado de Goiás	35
5.2. Modelos dinâmicos	52
5.2.1. Análise da expansão da silvicultura entre os anos de 2000 e 2015	52
5.3. Cenários de predição (2015 – 2030)	55
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	60
REFERÊNCIAS	61

APÊNDICE A: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião noroeste de Goiás – CENÁRIO USUAL	66
APÊNDICE B: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião noroeste de Goiás - CENÁRIO AJUSTADO	67
APÊNDICE C: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião leste de Goiás - CENÁRIO USUAL	68
APÊNDICE D: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião leste de Goiás – CENÁRIO AJUSTADO	69
APÊNDICE E: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião norte de Goiás – CENÁRIO USUAL	70
APÊNDICE F: Expansão estimada da silvicultura para 2030 por município da mesorregião norte de Goiás – CENÁRIO AJUSTADO	71
APÊNDICE G: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião central de Goiás - CENÁRIO USUAL	72
APÊNDICE H: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião central de Goiás - CENÁRIO AJUSTADO	73
APÊNDICE I: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião sul de Goiás – CENÁRIO USUA	74
APÊNDICE J: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião sul de Goiás - CENÁRIO AJUSTADO	75
APÊNDICE K: Valores utilizados no cálculo da produtividade média da silvicultura dos anos de 2013, 2014 e 2015, por município de Goiás	76

1. INTRODUÇÃO

Silvicultura é a ciência que trata do cultivo de árvores, referindo-se às práticas relativas à produção de mudas, plantio, manejo, exploração e regeneração dos povoamentos (DANIEL, 2007).

A silvicultura se apresenta como alternativa para atender a grande demanda por produtos florestais. Dessa forma, o eucalipto e o pinus são fontes de matéria prima para suprir os setores moveleiros e de construção civil, bem como para atender a produção de carvão vegetal, celulose, papel, óleos, aglomerados, entre outros produtos (MOURA; ZAIDAN, 2017).

Segundo Brito (2007), o uso da madeira é afetado por variáveis como: nível de desenvolvimento do país, disponibilidade de florestas, questões ambientais e sua competição econômica com outras fontes de energia. O autor ressalta que no caso brasileiro, o alto potencial renovável e produtivo da madeira, pode resultar numa matriz energética ambientalmente mais saudável e socialmente mais justa, pois é uma das fontes de energia que possibilitam uma das maiores taxas de geração de emprego por recurso monetário investido.

De acordo com Pinheiro e Ladislau (1957), toda exploração florestal deve ser orientada observando-se diversos fatores, entre os quais se destacam como os mais importantes, os cuidados silviculturais e princípios econômicos.

Quem não procurar reunir da melhor maneira possível estes dois princípios básicos, estará cometendo um erro, que poderá acarretar fracasso, não só do ponto-de-vista florestal, mas também do ponto de vista econômico, em virtude do menor rendimento auferido. Os reflexos deste erro, forçosamente, serão sentidos pela comunidade onde estiver localizada a reserva florestal (PINHEIRO & LADISLAU, 1957 p.15).

Segundo Souza et al. (2007), o Brasil está entre os 10 maiores países em área de florestas implantadas do mundo. A maior parte da área reflorestada existente no país formou-se nas décadas de 1970 e 1980.

Oliveira et al. (2015) apontam que os produtos florestais ocupam o quarto lugar na balança comercial do agronegócio brasileiro, com 9,3% de participação. O segmento importa menos do que exporta e tais exportações compreendem produtos beneficiados com valor agregado superior à grande parte das *commodities* do setor agropecuário.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores (2017), a área ocupada por florestas plantadas no país é de 7,84 milhões de hectares, 0,92% do território nacional. Sendo o setor florestal responsável por 91% de toda a madeira produzidas para fins industriais e 6,2% do PIB industrial brasileiro.

No entanto, de acordo com Golfari et al. (1978), dentro do território nacional existem muitas regiões não adequadas ao reflorestamento, por já possuírem uma cobertura florestal, ou por se tratarem de áreas com aptidão agrícola, ou por se localizarem distantes dos centros consumidores de madeira.

Ferreira e Silva (2008) explicam que, embora a produtividade seja frequentemente, limitada pela disponibilidade de água e nutrientes, a geomorfologia e as propriedades do solo, os fatores restritivos à produção podem ser desconhecidos. Por isso em muitos povoamentos, a produtividade florestal está aquém do seu potencial biológico, havendo possibilidades de aumento da produtividade, em grande escala.

Segundo Cabral (2017), em 2015 o estado de Goiás possuía, 162.516 ha de florestas plantadas e deste total, a mesorregião sul concentrava 58%.

Segundo Reis et al. (2017), em 2016, as florestas plantadas no estado ocuparam área estimada em 186.912,31 ha, correspondendo a aproximadamente 0,55% do território goiano. As espécies mais plantadas são eucalipto (*Eucalyptus* spp.), seringueira (*Hevea brasiliensis*) e pinus (*Pinus* spp.).

Reis et al. (2018), aponta ser inegável que a produção de madeira em Goiás continuará sendo importante para suprir demandas, em especial, ligadas ao agronegócio e a empresas de mineração. Porém, ressalta que ainda se trata de uma produção de baixo valor agregado, revelando que o estado carece de apoio para a implantação de empresas que garantam agregação de valor e a conquista de novos mercados, com produtos de qualidade e preços competitivos.

Em geral, os cultivos florestais são priorizados para áreas marginais, que não comprometam a produção de alimentos, já que são espécies menos exigentes em termos de fertilidade do solo. Atualmente, Goiás possui um enorme contingente de terras e pastagens degradadas e/ou inutilizadas por outras culturas que poderiam ser destinadas para fins silviculturais, desde que bem ordenados e realizados de forma sustentável (REIS et al. 2015).

O estado de Goiás possui áreas expressivas com plantios comerciais, entretanto, a falta de informações dificulta a criação de projetos de pesquisa voltados para áreas estratégicas da silvicultura e, até mesmo, a definição de políticas públicas para o planejamento florestal em âmbito estadual. (CABRAL, 2017).

Com o advento da tecnologia, cada vez mais se apresentam ferramentas para a geração de informações acerca de fenômenos ambientais e produtivos. Fenômenos que muitas vezes se afetam mutuamente de forma complexa no tempo e no espaço.

Quando se trata de planejamento ambiental, é preciso uma compreensão sobre a complexidade do meio e a forma de integração entre os diversos temas. Para essa integração a maioria dos planejamentos utiliza métodos espaciais associados a mapas (SANTOS, 2004).

O geoprocessamento tem sido empregado em diversas áreas da ciência, dentre as quais podem-se citar a Cartografia, a Geografia, a Agricultura e Floresta e a Geologia. Também tem contribuído para estudos de planejamento urbano e rural, meios de transporte, comunicação e energia (MOREIRA, 2007).

Segundo Souza et al. (2007), a utilização do sensoriamento remoto no setor florestal brasileiro contribui para reforçar e dar maiores subsídios às possíveis ações ligadas à quantificação de recursos e adversidades e ao monitoramento de áreas com potencialidades ao reflorestamento.

Modelos de simulação espacial visam auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como eles evoluem diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais (RODRIGUES et al. 2007).

O presente trabalho, propõe utilizar dados geográficos de plantios florestais, correspondentes aos anos de 2000 e 2015, aliados a um conjunto de variáveis espaciais, para a construção de modelos dinâmicos, que possibilitem uma melhor compreensão da dinâmica de expansão da silvicultura no estado de Goiás.

Com base no apanhado de informações, a presente pesquisa buscou responder às seguintes questões:

- i) Qual a influência das variáveis infraestruturais e ambientais na expansão da silvicultura, entre os anos de 2000 e 2015, no estado de Goiás?
- ii) Qual o potencial de expansão da silvicultura até o ano de 2030, no estado de Goiás?

Para responder às questões de pesquisa, foram estabelecidos os seguintes objetivos:

Geral

- Avaliar o potencial de expansão da silvicultura no estado de Goiás, por meio de modelagem espacial.

Específicos

- i) Analisar as características infraestruturais e ambientais onde se localizam os povoamentos florestais no estado de Goiás.
- ii) Avaliar a influência das variáveis selecionadas, sobre o processo de expansão da silvicultura entre os anos de 2000 e 2015, com uso de modelagem espacial.
- iii) Elaborar um modelo probabilístico espacialmente explícito, gerando dois cenários de expansão da silvicultura até o ano de 2030.

2. CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE GOIÁS

Goiás, está localizado na região centro-oeste do Brasil, ocupa uma área de 340.086 km² sendo o 7º estado brasileiro em extensão territorial. Com população estimada em 2016 de 6.730.848 habitantes e densidade demográfica de 19,79 hab/km² (IBGE, 2017). Limita-se ao norte com o Estado do Tocantins, ao sul com Minas Gerais e Mato Grosso do Sul, a leste com a Bahia e Minas Gerais e a oeste com Mato Grosso.

O estado possui 246 municípios emancipados. A capital Goiânia, é o núcleo polarizador da região metropolitana, composta por 20 municípios que abriga mais de 2 milhões de habitantes.

Apresenta em geral baixa declividade, não impedindo a ocupação. Cerca de 65% da superfície de Goiás é formada por terras relativamente planas, que se encontram separadas uma das outras por áreas de colinas suaves ou por escarpas de maior declividade (Zonas de Erosão Recuante) (CPRM, 2017).

O Estado caracteriza-se por possuir duas estações climáticas bem definidas, uma com altos índices pluviométricos, entre outubro a abril onde ocorrem 95% das precipitações anuais, e outra com baixos índices pluviométricos entre maio a setembro, sendo que a média anual é de 1.532mm. Contudo, no período seco as precipitações variam de 20 a 200mm enquanto, no período chuvoso, podem variar de 1.100 a 2.100mm. Os meses de agosto e setembro altas temperaturas com média de 34°C, principalmente no noroeste do Estado, enquanto que as médias mínimas ocorrem nos meses de junho e julho 12°C, no sudeste e sudoeste goiano (SEGPLAN GOIÁS, 2012).

As áreas indicadas para práticas agrícolas que refletem alto nível tecnológico, com mecanização presente nas diversas fases de operação agrícola, abrangem 61% da superfície do estado (EMBRAPA, 1989).

A seguir, a Figura 01 apresenta a localização do estado e sua divisão municipal.



Figura 01: Mapa de localização do estado de Goiás e seus municípios.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Quanto ao aspecto produtivo, em 2017, o setor industrial goiano assinalou expansão de 17% em relação ao ano anterior. Os impactos positivos foram observados nos setores de produtos alimentícios (18,2%), produtos derivados do petróleo e biocombustíveis (25,0%) e de veículos automotores, reboques e carrocerias (67,0%), impulsionados, principalmente, pela maior produção de açúcar cristal, leite esterilizado/UHT/Longa Vida, óleo de soja refinado, leite em pó e carnes de bovinos congeladas, frescas ou refrigeradas; de álcool etílico e biodiesel (IMB, 2018).

A exploração de argila e as indústrias cerâmicas também ocupam interessante nicho de mercado. Em 2015 eram 346 cerâmicas filiadas ao Sindicato de Indústrias Cerâmicas no estado, sendo essas distribuídas em 126 municípios (REIS, 2015).

Segundo Reis et al. (2015), esses aspectos geram expectativas quanto ao cultivo de florestas no território estadual. Pois há crescente demanda por madeira para uso energético para atender, principalmente, geração de energia térmica para secagem de grãos; fornos de cerâmicas e mineradoras; geração de vapor d'água em caldeiras de esmagadoras de soja, frigoríficos, laticínios e indústrias de alimentos.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Breve história da silvicultura no Brasil

De acordo com Cabral & Cesco (2008), a indústria madeireira no bioma da Mata Atlântica, desde o período colonial até meados do século XX, caracterizou-se por seus aspectos migratório e temporário, acompanhando, a expansão da fronteira agrícola via extração de madeiras de alto valor comercial e utilização de parte da madeira resultante do arroteamento.

Pereira (1990), diz ser praticamente impossível apontar a época exata em que se introduziu as primeiras coníferas exóticas no Brasil. Porém, alguns autores afirmam que as primeiras sementes ou mudas teriam sido trazidas logo após a criação do Jardim Botânico do Rio de Janeiro, por d. João VI, no início do século XIX.

Segundo Antonangelo e Bacha (1998), em 1903, Edmundo Navarro de Andrade foi convidado pelo então presidente da companhia paulista de estradas de ferro, Antônio Prado, a assumir o cargo de diretor do horto de Jundiaí, onde iniciou estudos comparativos do desenvolvimento de essências florestais nativas e exóticas de valor econômico. Já em Rio Claro, em 1910, Navarro de Andrade iniciava o trabalho de viveiros em maior escala, com uma coleção de várias espécies de eucalipto, contando com 123 espécies das 144 que tentou introduzir em São Paulo. Navarro de Andrade afirmou que não pretendeu resolver o problema do reflorestamento de São Paulo ou do Brasil com o eucalipto, apenas resolveu o problema que lhe foi proposto, que era o de fornecer rapidamente, combustível para as locomotivas da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, bem como, madeira para postes, dormentes e outras aplicações.

Segundo os mesmos autores, em 1924, a companhia paulista de estradas de ferro possuía 8 milhões de árvores de eucalipto plantadas em nove propriedades agrícolas, ao longo de suas linhas férreas e distribuídas de acordo com a necessidade de combustível.

Pereira (1990), afirma que, mesmo optando pelo eucalipto como principal espécie em seus reflorestamentos, a companhia paulista de estradas de ferro manteve interesse por outras

espécies, entre as quais as coníferas. Em 1953, a companhia chegou a instalar ensaios com coníferas em nove hortos de sua propriedade. O referido autor, também comenta que o setor público teve forte participação na introdução de coníferas com fins silviculturais no país. Quando em 1953 o serviço florestal do estado de São Paulo, influenciado pelo sucesso dos programas de introdução conduzidos pela Austrália, Nova Zelândia, Argentina e outros países, realizou, os primeiros ensaios com espécies de pinus, no horto florestal da capital.

De acordo com Antonangelo e Bacha (1998), a expansão da silvicultura no Brasil se deu em três fases. A primeira correspondeu ao período desde o descobrimento até o início dos incentivos fiscais concedidos ao florestamento e reflorestamento, período de 1500 a 1965. Neste período, predominava uma atividade florestal extrativista, nômade, que se caracterizava como antecessora de grandes ciclos econômicos nacionais, como por exemplo, do café, da cana-de-açúcar e da pecuária, que sempre foram precedidos por um intenso desperdício de material lenhoso.

A segunda fase, segundo os mesmos autores, abrangeu o período de vigência dos incentivos fiscais, entre 1966 e 1988, e foi caracterizada pelo grande crescimento dos plantios. Porém, sem a preocupação com os custos de produção, pois os incentivos existentes nesse período, cobriam generosamente os custos de implantação e condução das matas plantadas até o 4º ano.

A terceira fase corresponde ao período pós-incentivos fiscais, a partir de 1989. Segundo Antonangelo e Bacha (1998), com o final dos incentivos fiscais, em 1988, teve início a estruturação de um novo modelo de desenvolvimento da silvicultura. Marcado pela valorização da pesquisa e desenvolvimento tecnológico, visando a reduções de custos de produção e aumento de produtividade. Essa estruturação promoveu maior competitividade no mercado e a descentralização da atividade, através, de um maior envolvimento de segmentos de poder local e participação de sistemas cooperativos com o objetivo de apoiar o florestamento e reflorestamento em pequenos e médios imóveis rurais.

Em 2016 foram estimados no Brasil, 7.84 milhões de hectares de florestas plantadas, 0,92% do território nacional. Sendo o setor florestal responsável por 91% de toda a madeira produzidas para fins industriais e 6,2% do PIB industrial brasileiro, tendo como espécies de maior relevância: eucalipto (*Eucalyptus* spp. e *Corymbia* spp. – 72,3%), pinus (*Pinus* spp. - 20,2%), seringueira (*Hevea brasiliensis* - 2,9%), acácia (*Acacia mangium* e *A. mearnsii* – 2%), teca (*Tectona grandis* – 1,1%), paricá (*Schizolobium amazonicum* – 1,1%). Outras espécies somam 0,3% (IBÁ, 2017).

O plantio de eucalipto no Brasil tem se estendido para regiões além daquelas tradicionais, como Sul e Sudeste, o que levanta a necessidade de se obter informações sobre a produção esperada desses novos plantios (SANTANA, 2008).

3.2. Principais produtos da Silvicultura em Goiás

O trabalho utilizou informações derivadas de mapeamento de plantios de eucalipto e pinus, no estado de Goiás para o ano de 2015, e dados do IBGE referentes à produção anual de lenha, carvão e madeira em tora.

De acordo com Reis et al. (2015), durante muito tempo os segmentos de lenha, carvão vegetal e madeira em tora no estado de Goiás, foram abastecidos pela produção extrativista. Porém desde 1990 a extração de madeira está em queda no estado, devido em grande parte, à exaustão de muitos recursos e restrições de extração em remanescentes nativos.

3.2.1. Carvão

A produção de carvão vegetal em 2013 atingiu 6.615 mil toneladas, uma redução de 34,5% em relação a 2004, quando a produção atingiu o maior volume nos últimos dez anos. As indústrias de ferro-gusa e aço consumiram neste ano 72,6% do carvão produzido no Brasil (SIMIONI et al. 2017).

O uso de lenha e carvão vegetal produzido a partir de plantios florestais tem apresentado tendências de crescimento na matriz energética brasileira. Essas fontes de energia renováveis têm sido foco de estudos e políticas públicas, visando à reestruturação das cadeias produtivas para o suprimento da demanda (SIMIONI et al. 2017).

Segundo Cabral (2017) a produção de carvão vegetal da silvicultura brasileira atingiu 5.390.315 t em 2015, sendo 13,3% inferior à obtida em 2014, resultado do decréscimo da demanda por parte da indústria, em especial a siderúrgica.

Segundo Simioni et al. (2017), a oferta de lenha e carvão da silvicultura brasileira tem sido insuficiente para atender à demanda, gerando alta de preços nas diversas regiões do país. Isso acaba por ampliar a “pressão” por esses produtos da floresta nativa, em especial, do Cerrado Brasileiro.

No entanto, Reis et al. (2015) aponta para uma queda da produção de carvão no estado de Goiás, decorrente da substituição, feita pelas grandes mineradoras, do carvão por cavacos de madeira ou outros combustíveis, por apresentarem maior eficiência energética. O preço do

carvão vegetal e as distancias dos mercados consumidores, também podem contribuir para essa substituição.

Segundo Cabral (2017), a arrecadação da silvicultura para o setor de energia no estado de Goiás, registrou queda de mais de mais de 40% em 2014. Setor que até então era o mercado de maior volume atendido pela silvicultura.

3.2.2. Lenha

Atualmente, sabe-se que a maior demanda por lenha no estado de Goiás é destinada à secagem de grãos, frigoríficos e indústrias do setor alimentício, de laticínio, de cerâmica e de mineração. Entretanto, a maior parte utilizada é procedente da implantação de plantios com espécies que apresentam potencial para lenha (IBGE, 2013, REIS et al. 2015).

De acordo com Izumi (2012), os armazéns utilizam lenha como combustível para a secagem de grãos. Também se utiliza resíduo de lenha, serragem ou cascas de lenha.

Segundo Souza et. al (2017), a lenha como combustível para a geração de energia térmica, é amplamente utilizada em abatedouros de bovinos. Prazeres (2004), complementa que o consumo de lenha para o abastecimento de caldeiras, está presente no processo de abate de aves na maioria dos frigoríficos.

Nas indústrias de mineração de cal e cimento, a queima da lenha é feita para gerar gás a 800°C, resultando no processo químico de calcinação. Já nas empresas de cerâmica vermelha, a lenha é utilizada para geração de calor nos fornos e consequente redução da umidade e secagem da cerâmica (SIMIONI et al. 2018).

Em 1997, observou-se um incremento na produção, com 490.000 m³. Assim, entre 1997 e 2002 a produção média foi de 501.565 m³ ano⁻¹. A partir de 2003, um novo patamar de incremento é atingido, com produção de 865.885 m³. Entre 2012 e 2013 houve aumento expressivo na produção (103%), a qual representou 70% da produção da Região Centro-Oeste e 8,1% da nacional. Entre 1990 e 2013 houve aumento de 3.265% na produção de lenha em Goiás (IBGE, 2013, REIS et al. 2015).

Em 2015, oito municípios goianos foram responsáveis por 53% da produção estadual, sendo eles: Rio Verde, Campo Alegre de Goiás, Ipameri e Catalão (mesorregião Sul de Goiás), Abadiânia e Alexânia (mesorregião Leste), Itapuranga (mesorregião Centro-oeste) e Niquelândia (mesorregião Norte). Essas regiões apresentam localização geográfica estratégica em decorrência da proximidade com grandes centros consumidores, como Brasília, Goiânia e

Triângulo Mineiro, sendo as regiões caracterizadas, também, pela produção de grãos e criação de aves, além de indústria minero-química e agroindústrias (CABRAL, 2017).

Em razão da lenha ser um produto de baixo valor agregado, os plantios para essa finalidade devem estar concentrados em raio econômico viável em relação aos centros consumidores. Em várias localidades de Goiás, esses plantios têm suprido a quase totalidade da demanda por madeira para geração de energia térmica para secagem de grãos, fornos de cerâmicas e mineradoras, além de geração de vapor d'água em caldeiras de esmagadoras de soja, frigoríficos, laticínios e indústrias de alimentos, dentre outros (REIS et al. 2017).

A produção de lenha no estado registrou franca expansão no longo prazo, a pesar das flutuações. Fenômeno corroborado pela detecção de muitos novos povoamentos florestais de pequeno e médio porte, distribuídos de forma pulverizada sobre o território goiano.

3.2.3. Madeira em Tora

Em usos temporários, a madeira roliça tem sido utilizada em andaimes e escoramentos na construção civil. Em usos mais prolongados, após ser submetida ao tratamento em usinas de preservação, a madeira pode ser utilizada em estruturas de barracões, caramanchões, casas de madeira, currais, dormentes, mourões, *playgrounds*, pergolados, pilares, postes, quiosques, dentre outros usos (REIS et al. 2015).

Segundo Zenid (2009), a madeira serrada é produzida por meio de processamento mecânico das toras em serrarias de modo que a peça originalmente cilíndrica é transformada em peças quadrangulares ou retangulares de menor dimensão, como caibros, pranchas, pranchões, ripas, sarrafos, vigas e vigotas para vários usos.

Segundo Cabral (2017), em 2015, a produção de madeira de Goiás, representou, 0,43% da produção madeireira brasileira, sendo que aproximadamente 98,83% da madeira em tora de Goiás procedia de florestas plantadas. A mesma autora também aponta que a produção de madeira em tora, a partir do ano 2000 em Goiás, apresenta ciclos de aumento e redução com período de aproximadamente quatro anos. Nos quais os picos de produção corresponderam aos anos de 2006 (252.850 m³), 2010 (350.521 m³) e 2013 (774.320 m³), ocorrendo, em 2014, o início do período de redução na produção: 22,74% em relação a 2013 e 4,03% a respeito de 2015.

Segundo Reis et al. (2017), em 2015 a produção estadual de madeira em tora de eucalipto foi de 467.224 m³, tendo como maiores produtores os municípios de Ipameri (180.000 m³), Abadiânia (68.000 m³), Campo Alegre de Goiás (40.000 m³), Alexânia (35.000 m³),

Corumbá de Goiás (30.000 m³), Campo Limpo de Goiás (16.000 m³), Anápolis (12.000 m³), Pirenópolis (9.500 m³), Alto Paraíso de Goiás (6.932 m³) e Cachoeira Alta (6.000 m³).

3.3. Sistema de Informação Geográfica e Modelagem Dinâmica

Segundo Moreira (2005), geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados ou extrair informações de objetos ou fenômenos geograficamente identificados, quando estes são observados por um sistema sensor. As ferramentas utilizadas para realizar o geoprocessamento compõem um conjunto denominado Sistema de Informação Geográfica (SIG).

O geoprocessamento tem sido empregado em diversas áreas da ciência, dentre as quais podem-se citar a Cartografia, a Geografia, a Agricultura e Floresta e a Geologia. Também tem contribuído para estudos de planejamento urbano e rural, meios de transporte, comunicação e energia (MOREIRA, 2005).

Para analisar as modificações da paisagem provocadas pela ação antrópica, os dados gerados por sensores remotos aliados aos (SIGs) tem se mostrado de grande valia, pois permitem a avaliação de grandes áreas em um curto espaço de tempo, de forma bastante precisa e acessível (ZANELLA et al. 2013).

Segundo Ferreira (2009), modelos da dinâmica de paisagem do cerrado, mostram que, em geral as variáveis naturais como, topografia, geomorfologia, fertilidade dos solos e o clima, estão fortemente atreladas ao processo de conversão da paisagem, seja para áreas de pastagem, agricultura ou até mesmo urbanização. Da mesma forma as variáveis antrópicas como, infraestrutura e a socioeconomia, influenciam no processo de antropização. O estudo também apresenta estimativas para o ano de 2050, que indicam uma expansão das áreas convertidas da ordem de 13,5%, sobretudo ao Norte e Nordeste do bioma, caso mantidos os níveis de governança e desenvolvimento econômico.

Segundo Lima (2012), no bioma Mata Atlântica entre 1995 e 2005, as maiores taxas de desmatamento ocorreram em municípios que possuíam maiores áreas de florestas e maiores populações rurais, um padrão esperado para paisagens altamente fragmentadas: desmata-se onde ainda há o que ser desmatado. Por outro lado, a quantidade de áreas preservadas na forma de APP e RL, está relacionada ao aumento de florestas, indicando que a legislação ambiental influencia a diminuição do desmatamento e impulsiona a regeneração. Outra variável positivamente relacionada ao aumento de florestas é a taxa de concentração fundiária,

provavelmente refletindo que grandes propriedades sejam mais pressionadas a preservar florestas, ou que não têm necessidade de utilizar a capacidade máxima de suas terras.

De acordo com Cervera et al. (2016), em estudo abordando a dinâmica de longo prazo da transição florestal no Mediterrâneo. As áreas florestais mais preservadas entre 1868 e 1956 foram positivamente associadas a zonas mais declivosas e próximas às principais cidades, enquanto que a proximidade de aldeias gerou impactos negativos. Já entre 1956 e 2005, foi constatado que o reflorestamento foi positivamente influenciado pelas altitudes elevadas e a radiação anual, enquanto que a declividade influenciou negativamente as novas florestas.

Quando se trata de planejamento ambiental, é preciso uma compreensão sobre a complexidade do meio e a forma de integração entre os diversos temas. Para essa integração a maioria dos planejamentos utiliza métodos espaciais associados a mapas (SANTOS, 2004).

Para o caso específico do planejamento da silvicultura, Gonçalves (2008), argumenta que este deve ser feito alguns meses antes do início das atividades, e considerar a delimitações das áreas de efetivo plantio, a recuperação das áreas de preservação permanente e de reserva legal, a localização da rede viária, a escolha de material genético adequado para cada condição ambiental, técnicas de preparo de solo, as adubações de base e de cobertura, espaçamento de plantio, técnicas de plantio, tratamentos culturais como, controle de plantas daninhas, pragas e doenças, e sistema de colheita da madeira.

Segundo Souza et al. (2007), a utilização do sensoriamento remoto no setor florestal brasileiro contribui para reforçar e dar maiores subsídios às possíveis ações ligadas à quantificação de recursos e adversidades e ao monitoramento de áreas com potencialidades ao reflorestamento.

Na prevenção, os SIG's são utilizados para gerar e administrar o grande volume de dados necessários para a avaliação do risco, principalmente na modelagem dos processos utilizados nas previsões meteorológicas e hidrológicas, no estudo das vulnerabilidades locais e no mapeamento das áreas de risco (MARCELINO et al. 2005).

Como existem diferenças fundamentais nas perspectivas do conjunto de técnicas usadas pelo geoprocessamento, a única perspectiva de unificação é o lado computacional: tais técnicas podem ser pensadas como um conjunto de procedimentos efetivos que, quando aplicados a problemas geográficos, estão aptos a produzir resultados (CAMARA e MONTEIRO, 2001).

Modelos de simulação espacial visam auxiliar o entendimento dos mecanismos causais e processos de desenvolvimento de sistemas ambientais, e assim determinar como eles evoluem diante de diferentes cenários que se traduzem por quadros socioeconômicos, políticos e ambientais (RODRIGUES et al. 2007).

Para um modelo dinâmico poder operar em uma dimensão espacial, é necessária uma representação matemática de um processo do mundo real, onde uma localização na superfície terrestre muda pelas variações de suas forças direcionadoras, mostrando assim a evolução espacial ao longo do tempo (BURROUGH, 1998).

Um requisito fundamental para a modelagem ambiental é o desenvolvimento de modelos espaço-temporais, em que o estado ou atributo de uma determinada localização geográfica muda ao longo de um período de tempo como resposta de um conjunto de impulsionadores (SOARES FILHO, 2009). Para isso, é necessário mapear os padrões de uso e cobertura da terra, diferenciando as categorias em função de suas características médias, para avaliar como cada elemento de uma paisagem se relaciona com o outro espacial e temporalmente (SOARES FILHO, 1998).

Neste contexto, utilizou-se o Dinamica EGO como uma plataforma de simulação para os modelos de uso e cobertura da terra. É um modelo aberto a diferentes parametrizações (pesos de evidência, regressão logística, redes neurais, árvore de decisão etc.), possui algoritmos de transição por expansão ou nucleação e algoritmo genético para definição dos melhores pesos de evidência (MACEDO et al. 2013).

4 MATERIAS E MÉTODOS

4.1 Análise Exploratória

A análise exploratória da silvicultura consistiu da observação e descrição dos atributos geográficos das áreas de povoamentos florestais, no ano de 2015. Estes atributos estão representados nos mapas das variáveis selecionadas, quais sejam: distância à malha viária, distância à consumidores, indicador de produtividade média municipal, tipos de solo, altimetria, relevo, aptidão agrícola das terras, e vulnerabilidade ambiental.

A análise exploratória teve como principal objetivo, orientar a construção dos modelos dinâmicos das etapas seguintes.

Para maior clareza da análise e discussão dos resultados desta etapa, os mapas correspondentes às variáveis espaciais, acima referidas, serão apresentados no tópico 4.1 da seção de resultados.

A seguir, a Tabela 01 apresenta o conjunto de dados geográficos utilizados na pesquisa, seguidos de suas respectivas fontes.

Tabela 01. Dados geográficos utilizados na pesquisa e respectivas fontes.

Dado Geográfico	Fonte
Armazéns do Brasil	CONAB / LAFIG, 2017
Frigoríficos e Matadouros	LAFIG, 2017
Empreendimentos Mineradores	CPRM, 2008
Malha Viária	AGETOP, 2012
Produção de Lenha e Madeira	IBGE / LAFIG, 2013; 2014; 2015
Tipos de Solo	EMATER, 2017
Altimetria	SIC / SGM, 2005
Relevo	USGS / IMB, 2015
Vulnerabilidade Ambiental	EMBRAPA / IBGE/ SGM/SIC, 2006
Aptidão Agrícola	MACROZAE, 2014
Silvicultura no ano de 2000	IBGE, 2000
Silvicultura no ano de 2015	Cabral, 2017
Uso e Cobertura do Solo	TERRAClass, 2013

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a análise e processamento de dados geográficos foi utilizado software ArcGis 10.5. As operações com dados tabulares e a geração de gráficos foi feita na plataforma Excel.

Todos os dados foram reprojatados para o sistema de projeção UTM, Datum WGS 84, e recortados segundo o limite político do estado de Goiás. Em seguida os distintos temas, correspondendo às variáveis espaciais foram recortados pelo mapa de silvicultura, e por fim foram calculadas as áreas e percentuais das classes de cada tema.

A sequência de procedimentos realizados na etapa de análise exploratória é apresentada na Figura 02.

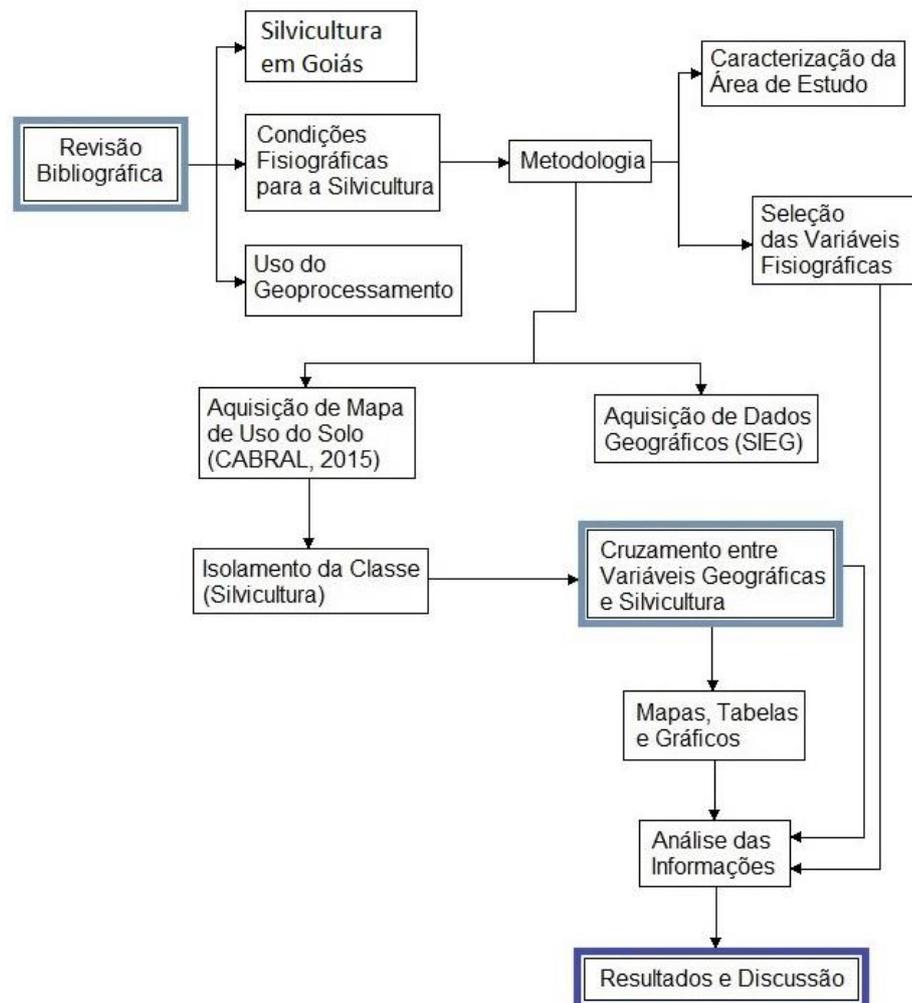


Figura 02: Fluxograma de Procedimentos para a etapa de Análise Exploratória.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A análise exploratória foi realizada a partir do mapa de uso e cobertura do solo referente ao ano de 2015, produzido por Cabral (2017), do qual foi extraída a classe silvicultura. As informações referentes à aptidão agrícola, altimetria, declividade, tipos de solo, malha viária, empreendimentos mineradores e vulnerabilidade ambiental, foram fornecidos pelo Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás - Sieg. Os dados referentes à produção de madeira e lenha por município, armazéns, frigoríficos e matadouros, foram fornecidos pelo Laboratório de Processamento de Imagens e Geoprocessamento - Lapig.

Para geração dos mapas de *distância a pontos de consumo* e *distância à malha viária*, foi necessário calcular o mapa de distâncias, a partir de dados inicialmente representados por feições de ponto e linha respectivamente.

O mapa de pontos de consumo, foi gerado por meio da união dos mapas: *empreendimentos mineradores, armazéns, frigoríficos e matadouros*, ambos em estrutura

vetorial. O produto desta operação foi convertido para estrutura matricial, e em seguida utilizou-se a plataforma Dinamica EGO para o cálculo das distâncias. Para o mapa de distância à malha viária, foi realizado o mesmo cálculo, porém diretamente aplicado ao mapa de malha viária.

As variáveis que compõem a infraestrutura abordada na análise são apresentadas no mapa da Figura 03.

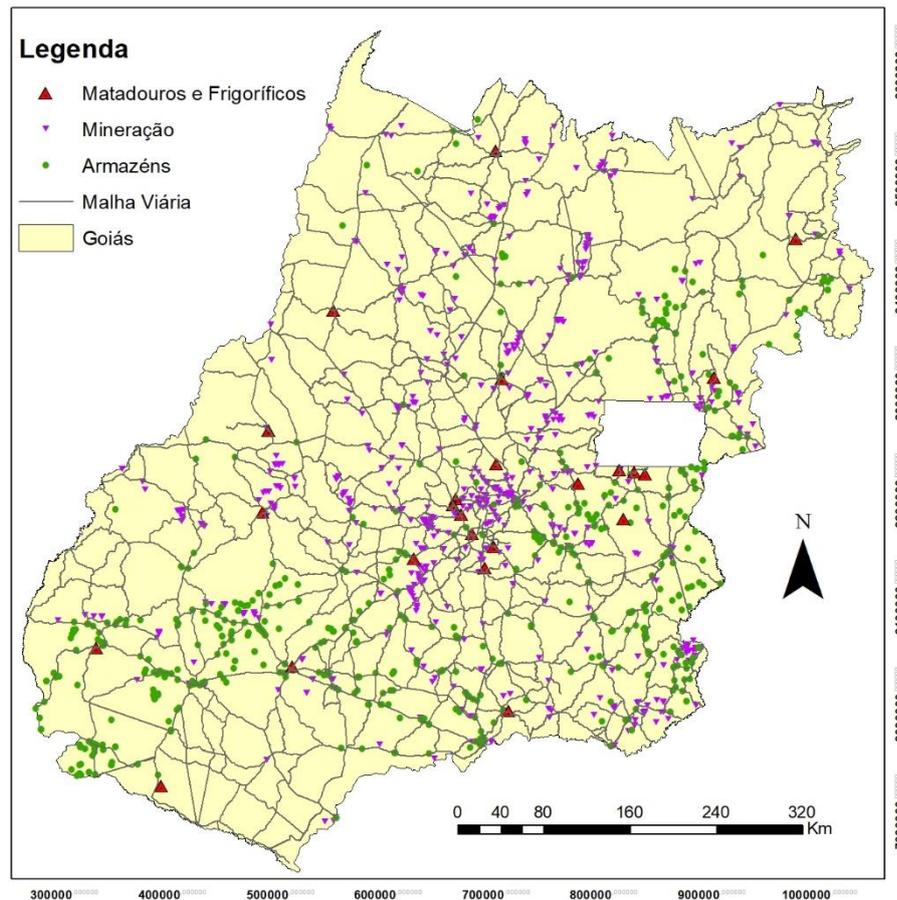


Figura 03. Mapa da infraestrutura de transporte e consumo de produtos madeireiros em Goiás
Fonte: Elaborado pelo autor

Para o cálculo do indicador de produtividade média da silvicultura, foram utilizados mapas de produção anual de madeira e lenha em (m^3) por município, dos anos de 2013, 2014 e 2015, segundo dados censitários do IBGE.

Os valores da produção municipal de madeira em tora e lenha, dos três anos considerados foram somados, no que foi considerado a produção total da silvicultura neste período. Em seguida este valor foi dividido por três, resultando na média de produção anual da silvicultura para cada município. Por fim, o valor obtido da produção média anual, foi dividida pela área em (ha) de silvicultura contida em cada respectivo município, obtendo-se assim, o valor indicativo de produtividade média em ($m^3/ha*ano$).

4.2. Modelagem Espacial de Expansão da Silvicultura

Esta etapa consiste na criação do modelo dinâmico que representa a expansão da silvicultura no estado de Goiás, no período de 2000 a 2015, e abrange os procedimentos descritos nos tópicos, 4.2.3; 3.2.4; 3.2.5 e busca atender ao segundo objetivo específico estabelecido, bem como gerar subsídios para a avaliação do potencial de expansão futura da silvicultura no estado.

O modelo busca identificar a influência quantitativa, por meio do cálculo de *pesos* para cada variável, no processo de escolha dos locais para implantação dos povoamentos florestais. Também busca identificar eventuais índices de covariância entre variáveis, o que permite a correção da estrutura do modelo, garantindo maior confiabilidade e compreensão do fenômeno.

A sequência de procedimentos, para a modelagem espacial da dinâmica de expansão da silvicultura, é apresentada no fluxograma a seguir.

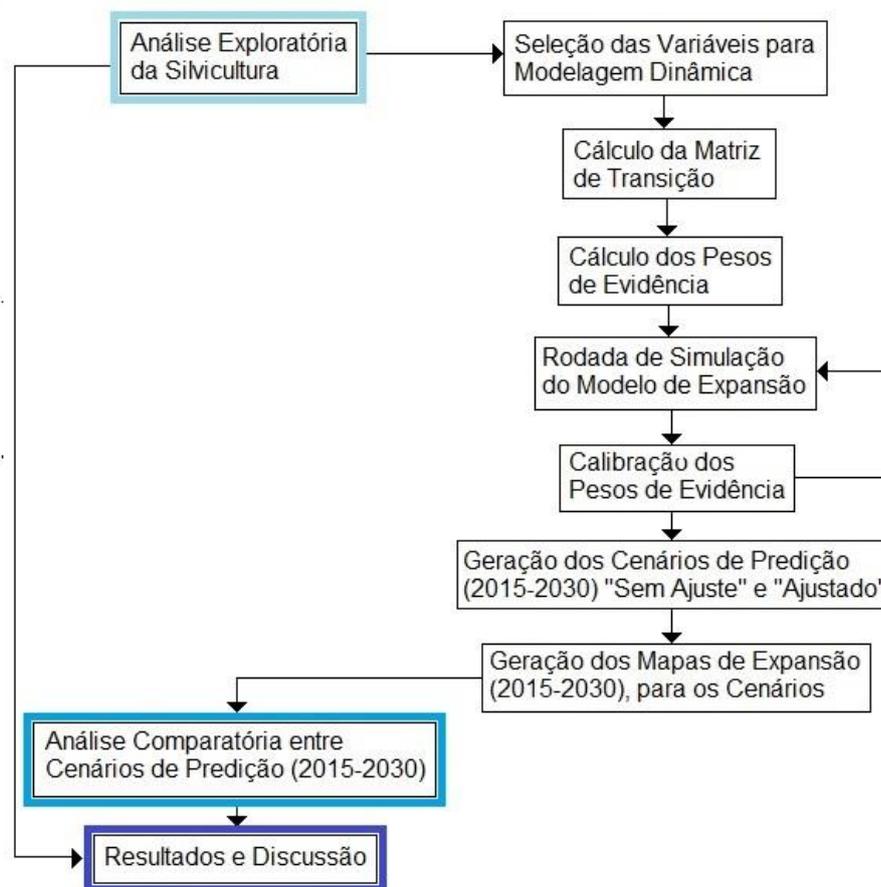


Figura 04: Fluxograma de Procedimentos para a etapa de Modelagem Dinâmica
Fonte: Elaborado pelo Autor, adaptado de Soares Filho et al. (2009).

Os mapas inicial e final, foram gerados a partir dos dados em estrutura vetorial de uso e ocupação do solo do ano de 2000, fornecido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, e do ano de 2015 fornecido por Cabral (2017).

Com uso de ferramenta de edição, ambos os mapas tiveram apenas a classe “Silvicultura” mantidas e as demais classes agrupadas em apenas uma classe denominada “Não-Silvicultura”.

Após análise visual dos mapas de silvicultura, verificou-se a predominância de povoamentos de dimensões muito reduzidas, e com distribuição muito pulverizada sobre todo o recorte. Diante de tais condições e visando a melhor representação do fenômeno, bem como a eficiência computacional nas etapas de processamento dos modelos, a conversão para estrutura matricial dos mapas de silvicultura, foi realizada com resolução espacial de 90 metros, enquanto as variáveis explicativas foram convertidas com resolução de 180 metros.

4.2.1 Cálculo Da Matriz De Transição

Primeiramente foi calculada a taxa percentual de crescimento anual de área da silvicultura. O produto desta operação foi matriz 2×2 , que fornece a taxa de transição anual da classe “não-silvicultura” para a classe “silvicultura”, ao longo do intervalo de 15 anos. Os valores inicial e final, foram introduzidos por meio dos mapas de silvicultura dos anos de 2000 e 2015, respectivamente.

Para fins de cálculo dos mapas no modelo Dinamica EGO, foi necessário substituir as referências nominais de cada classe dos mapas por valores inteiros, deste modo: 1 = Silvicultura, e 2 = Não-Silvicultura.

A matriz de transição descreve um sistema que muda ao longo de incrementos de tempo discreto, em que o valor de qualquer variável em um determinado período, é a soma de porcentagens fixas de valores de todas as variáveis no período anterior. A diagonal da matriz de transição não precisa ser especificada, pois o Dinamica EGO não modela a porcentagem de células imutáveis, nem as transições iguais a zero. (SOARES FILHO, 2009)

As taxas líquidas de transição são adimensionais e definem a porcentagem de terra que mudará para outro estado (uso da terra e atributo de cobertura). Por sua vez, as taxas brutas são especificadas como unidades de área, como hectares ou km^2 por unidade de tempo. (SOARES FILHO, 2009).

4.2.2. Pesos de Evidência

Segundo Soares-Filho et al. (2009), este método Bayesiano calcula de forma independente, o efeito de cada variável espacial na probabilidade de uma dada transição. Os pesos de evidencia são obtidos da seguinte forma:

$$O\{U|B\} = \frac{P\{U|B\}}{P\{\bar{U}|B\}} \quad (1)$$

$$\log\{U|B\} = \log\{U\} + W^+ \quad (2)$$

Onde W^+ é o Peso da Evidência do evento U , dado um padrão espacial B . A pós-probabilidade de uma transição ij , dado um conjunto de dados espaciais (B, C, D, \dots, N) , é:

$$P\{i \rightarrow j \vee B \cap C \cap D \dots \cap N\} = \frac{e^{\sum W N^+}}{1 - e^{\sum W N^+}} \quad (3)$$

Onde B, C, D e N são valores de k variáveis espaciais medidas na localização (x, y) e representadas por seus pesos $W + N$.

Os Pesos de Evidência se aplicam apenas a dados categóricos, por isso é necessário categorizar mapas contínuos, como distância de estradas, altimetria e declividade. O método adaptado de Agterberg e Bonham-Carter (1990) calcula faixas de acordo com a estrutura do dado, estabelecendo um delta mínimo (Dx) para uma variável contínua de tom cinza x . Deste modo são construídos n buffers incrementais (Nx) compreendendo intervalos de X mínimo a X mínimo + nDx . Cada n define um limite que divide o mapa em duas classes: (Nx) e $(Nx2)$. Um é o número de células para um buffer (Nx) múltiplo de n e dn é o número de ocorrências para o evento modelado (D) dentro desse buffer. As quantidades An e dn são obtidas para uma sequência ordenada de buffers $N(x_{\text{minimum}} + nDx)$.

O produto da operação é a tabela que apresenta, para cada buffer ou categoria das variáveis explicativas, os respectivos pesos de evidencia, cujos valores positivos indicam a tendência de atração da ocorrência do fenômeno, e os valores negativos indicam tendência de repulsão do fenômeno. Os valores iguais a zero correspondem a categorias que não exercem influência sobre o fenômeno.

A análise dos pesos é fundamental na fase de calibração do modelo, pois pode revelar variáveis sem relevância explicativa, em outras palavras, inócuas à produção do fenômeno. Bem como, pode revelar variáveis com alta covariância entre si, ou variáveis com pesos muito elevados, que acabam por suprimir a manifestação de outras variáveis com menores índices.

Neste caso, a análise de covariância entre os pesos, revelou altos índice entre as variáveis “distância à estradas” e “distância a pontos de consumo” e entre “tipos de solo” e “aptidão agrícola”. Deste modo a optou-se pela junção dos mapas de distância, representando-os em um único mapa chamado de “distância à infraestrutura”. Para o caso de covariância entre solos e aptidão agrícola, optou-se pela retirada do mapa de solos, desta modelagem.

Os intervalos estipulados para o cálculo dos pesos de evidencia de cada variável são apresentados na Tabela 02.

Tabela 02. Variáveis explicativas e intervalos de pesos de evidência.

Variável Explicativa	Intervalo
Altimetria	50 metros
Aptidão Agrícola das Terras	Tipo de Aptidão Agrícola
Distância à Infraestrutura	500 metros
Distância a Plantios Existentes	500 metros (mapa inicial, ano 2000)
Declividade	Classe de Relevô (EMBRAPA, 1979)
Vulnerabilidade Ambiental	Classe de Vulnerabilidade Ambiental

Fonte: Gerada pelo autor em rodada de testes de calibração dos pesos.

4.2.3 Simulação e Validação do Modelo (2000 a 2015)

Para a simulação do modelo são utilizadas duas funções de transição complementares, denominadas *Expander* e *Patcher*, com o objetivo de reproduzir os padrões espaciais de mudança. O primeiro processo é dedicado apenas à expansão ou contração de polígonos já existentes de uma determinada classe, enquanto o segundo processo gera novos polígonos através de um mecanismo de semeadura. Para ambas as funções é necessário introduzir os parâmetros: média, desvio padrão e isometria, que irão determinar a média, desvio padrão dos tamanhos das manchas e seu grau de homogeneidade de formas.

A execução do modelo consistiu do cálculo de mapas de probabilidade de transições e dos respectivos mapas de alocação de transições. O cálculo da probabilidade foi aplicado ao mapa do ano de 2000 e a taxa bruta de transição anual foi alocada de forma cumulativa até o ano de 2015.

A etapa de validação, consistiu-se da comparação entre os mapas observado e simulado, correspondentes ao ano de 2015, feita por meio do método *Fuzzy*, proposto por Hagen (2002),

e adaptado pelo Centro de Sensoriamento Remoto UFMG (CSR/UFMG). Trata-se do cálculo de decaimento exponencial, parametrizado com a escolha do tamanho da janela de pixels a serem considerada para nível de tolerância. O método “Fuzzy” tem o objetivo de estabelecer o valor percentual de similaridade no processo de mudança entre os dois mapas finais (observado e simulado).

Durante os testes para a validação do modelo, verificou-se que a variável “*distancia a plantios existentes*” apresentou índices positivos muito elevados em comparação às demais variáveis. Esta condição, caso mantida, suprimiria a influência de todas as demais variáveis. Deste modo foi necessário recalcular os pesos da variável, por meio da função da curva de tendência, afim de suavizar sua influência, e conferir maior precisão ao modelo.

Uma vez conhecido o índice de similaridade entre os mapas observado e simulado, foi executado o modelo de predição até o ano de 2030.

4.2.4 Cenários de Predição

Mediante a possibilidade de manipulação dos pesos de evidencia, foram estabelecidos dois modelos de predição para a expansão da silvicultura até o ano de 2030, denominados, *cenário usual* e *cenário ajustado*.

Para o cenário usual, foram mantidos os pesos de evidência conforme estabelecidos na etapa de validação. Já para o cenário ajustado, as variáveis: altimetria, declividade, e aptidão agrícola, tiveram os pesos reordenados conforme os seguintes critérios:

Altimetria: Os pesos de evidencia foram reordenados com o objetivo de priorizar as áreas de altitude entre 500 e 1100 metros. Áreas de maior altitude tendem a apresentar nível freático mais profundo, além de solos rasos e em avançados estágios de intemperização, o que compromete o acesso dos sistemas radiculares à água e nutrientes. Segundo Ciriello (2015), é recomendável que se evite o plantio em altitudes superiores a 1000 metros, como forma de aumentar o potencial produtivo.

Vulnerabilidade Ambiental: O grau de vulnerabilidade está ligado ao grau de antropização da paisagem. Este fenômeno ocorre na maioria dos casos pela substituição da cobertura natural do solo, por cultivos agrícolas e pastagens.

Para a avaliação do impacto da expansão da silvicultura sobre áreas naturais, foi utilizado o mapa produzido pelo Projeto de Identificação de Áreas Prioritárias à Conservação da Biodiversidade (Pdiap).

O mapa em questão contém 5 categorias de vulnerabilidade correspondentes a níveis de antropização da paisagem do estado de Goiás. Originalmente o mapa apresenta como “vulneráveis”, as áreas com avançados níveis de antropização. E como “estáveis”, as áreas de vegetação nativa.

Neste contexto, foi necessário inverter a lógica do mapa original, ao considerar que as áreas já antropizadas são as mais indicadas a receberem novos plantios florestais. Enquanto as áreas de vegetação nativa são menos indicadas a este fim.

Declividade: a variável foi previamente categorizada segundo a classificação Embrapa (1979), com intervalos percentuais e classes de relevo indicados na Tabela 03.

Tabela 03. Classes de relevo segundo Embrapa

Intervalo de Declividade (%)	Classe de Relevo
0 – 3	Plano
3 – 8	Suave Ondulado
8 – 20	Ondulado
20 – 45	Forte Ondulado
45 – 75	Montanhoso
75 <	Forte Montanhoso

Fonte: Embrapa (1979).

Os pesos de evidencia obtidos, foram reordenados de forma decrescente, seguindo-se a ordem da tabela 02. Este reordenamento teve o objetivo de atribuir maiores pesos aos intervalos de menor percentual de declividade, em outras palavras, as áreas mais planas receberam maiores pesos.

Aptidão Agrícola: com o objetivo de atribuir valores de produtividade da silvicultura a classes de aptidão agrícola das terras, foi utilizado o mapa de produtividade média por município, gerado na etapa de análise exploratória deste trabalho. O referido mapa foi recortado pelas manchas de silvicultura do ano de 2015, de modo que as manchas pudessem ser diferenciadas por seus valores de produtividade média.

Em seguida foi feito o recorte do mapa de aptidão agrícola das terras, sob a forma das manchas de silvicultura, já contendo valores de produtividade. Deste modo foi possível

combinar os mapas de produtividade e aptidão agrícola, para gerar o mapa que apresenta, para cada classe de aptidão agrícola, um valor médio de produtividade.

Os tipos de aptidão apresentaram diferentes valores de produtividade, sendo necessário estabelecer as médias de produtividade referentes a cada tipo de aptidão. O valor médio foi obtido, somando-se as produtividades de cada tipo de aptidão e dividindo-se pelo número de ocorrências (linhas da tabela de atributos), em que se repetiam as mesmas classes de aptidão.

Os valores de produtividade do mapa gerado, foram dispostos em ordem decrescente, a fim de orientar a edição dos pesos da variável “*aptidão agrícola*”. Os maiores pesos foram atribuídos às classes que apresentaram maiores valores de produtividade. Este ajuste prioriza áreas com maiores potencialidades produtivas para a alocação de novos empreendimentos.

Ao fim da etapa de ajuste dos pesos, os dois modelos foram simulados até o ano de 2030. A matriz de transição múltipla foi introduzida em cada modelo, determinando a taxa percentual anual de transição. O modelo de alocação de mudanças recebeu como imagem inicial, o mapa observado de 2015, e levou em consideração os mapas de probabilidade, cujos parâmetros de alocação foram determinados pelos pesos de evidencia ajustados na etapa de validação.

Por último, os mapas estimando a localização dos plantios de cada cenário no ano de 2030, foram cruzados com o mapa de uso e cobertura do solo, do projeto TerraClass 2013. Este cruzamento permitiu a avaliação comparativa, de áreas e percentuais, entre as ocupações dos novos prováveis plantios, sobre as classes de uso e cobertura, predominantes no ano de 2015.

A escolha do mapa TerraClass 2013, se deveu à maior precisão deste, em representar todo o conjunto das classes de uso e cobertura vegetal do bioma cerrado. Ao passo que, o mapeamento fornecido por Cabral (2017), utilizado para extração da classe *silvicultura*, teve foco apenas no reconhecimento de áreas de silvicultura do ano de 2015.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise Exploratória da Silvicultura no estado de Goiás

Esta análise permitiu um diagnóstico amplo a respeito dos fatores locais que condicionam a decisão dos produtores de florestas plantada no estado de Goiás. A seguir, são apresentados mapas, tabelas e análises, correspondentes às variáveis espaciais, bem como as áreas de ocorrência da silvicultura nas respectivas classes de cada variável.

DISTÂNCIA À MALHA VIÁRIA:

A Figura 05 apresenta faixas de distância a estradas com intervalos de 5 km, dentro das quais pôde-se discriminar os percentuais da área de silvicultura em cada faixa.

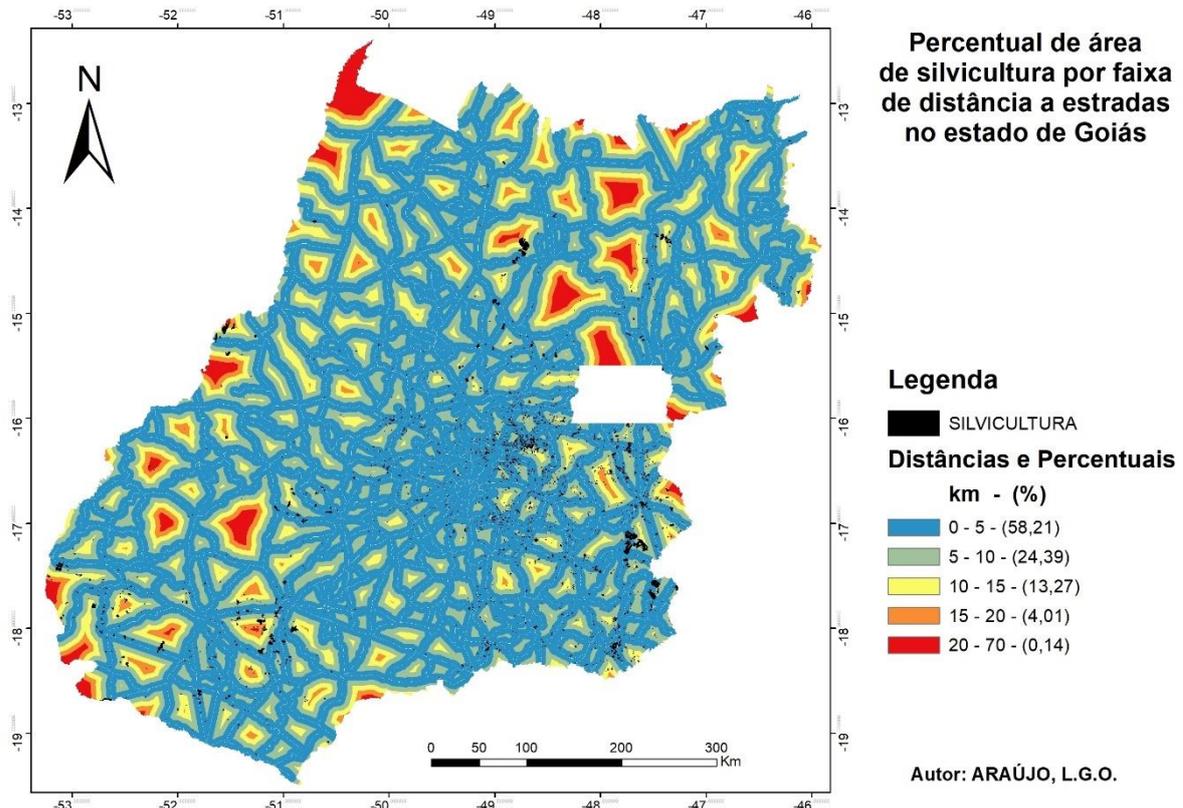


Figura 05: Mapa de distância de estradas e silvicultura em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

Pontos de cruzamento entre estradas são regiões de concentração de plantios, por oferecerem mais opções para o escoamento da produção a diferentes mercados. As vantagens logísticas destes pontos, atrai também a instalação de indústrias de segmentos diversos, que em muitos casos são consumidoras de madeira como insumo para energia.

A Tabela 04, apresenta com maior detalhamento a relação inversamente proporcional, verificada entre as áreas de ocorrência da silvicultura e as zonas de distância à malha viária.

Tabela 04: Área e percentual da silvicultura por intervalo de distância das estradas me Goiás.

Distância (Km)	Área (ha)	(%)
0 - 1	24.141,24	16,14
1 - 2	18.701,28	12,50
2 - 3	16.634,16	11,12
3 - 4	15.642,72	10,46
4 - 5	11.958,84	7,99
5 - 6	9.000,72	6,02
6 - 7	7.380,72	4,93
7 - 8	7.426,08	4,96
8 - 9	6.308,28	4,22
9 - 10	6.369,84	4,26
10 - 11	5.310,36	3,55
11 - 12	5.038,20	3,37
12 - 13	4.707,20	3,15
13 - 14	2.630,88	1,76
14 - 15	2.151,36	1,44
15 - 16	1.966,68	1,31
16 - 17	1.827,36	1,22
17 - 18	1.040,04	0,70
18 - 19	699,84	0,47
19 - 20	463,32	0,31
20 - 21	165,24	0,11
21 - 22	48,60	0,03

Fonte: Elaborada pelo autor.

De um modo geral, foi verificada a maior ocorrência de plantios em zonas próximas às principais estradas. Cerca de 58% da área de silvicultura se localiza a uma distância de até 5 km da malha viária. A porção central do estado, onde há maior densidade da malha, registra grande ocorrência de plantios com pequenas áreas e distribuídos de modo pulverizado.

Com base na observação do mapa, pode-se inferir que a porção central reúne maior quantidade de pequenos produtores florestais, dadas as dimensões em termos de área e fragmentação dos povoamentos. É provável que para muitos produtores, a silvicultura não seja a principal atividade desempenhada, e esta seja destinada a áreas marginais da propriedade rural.

Nas demais porções do estado, verifica-se maior agrupamento dos plantios, e a ocorrência de povoamentos com áreas significativamente maiores do que as observadas no centro. Esta característica indica que se tratam de médios e grandes produtores, o que pode indicar também maior emprego de tecnologias, por meio da mão de obra especializada.

De modo semelhante à infraestrutura viária, a presença de empreendimentos mineradores, armazéns graneleiros, frigoríficos e matadouros, condiciona a alocação dos plantios, por se tratarem de consumidores em potencial.

DISTÂNCIA A PONTOS DE CONSUMO:

A Figura 06 apresenta faixas de distância a consumidores com intervalos de 10 km, dentro das quais se verificam os percentuais da área de silvicultura em cada faixa.

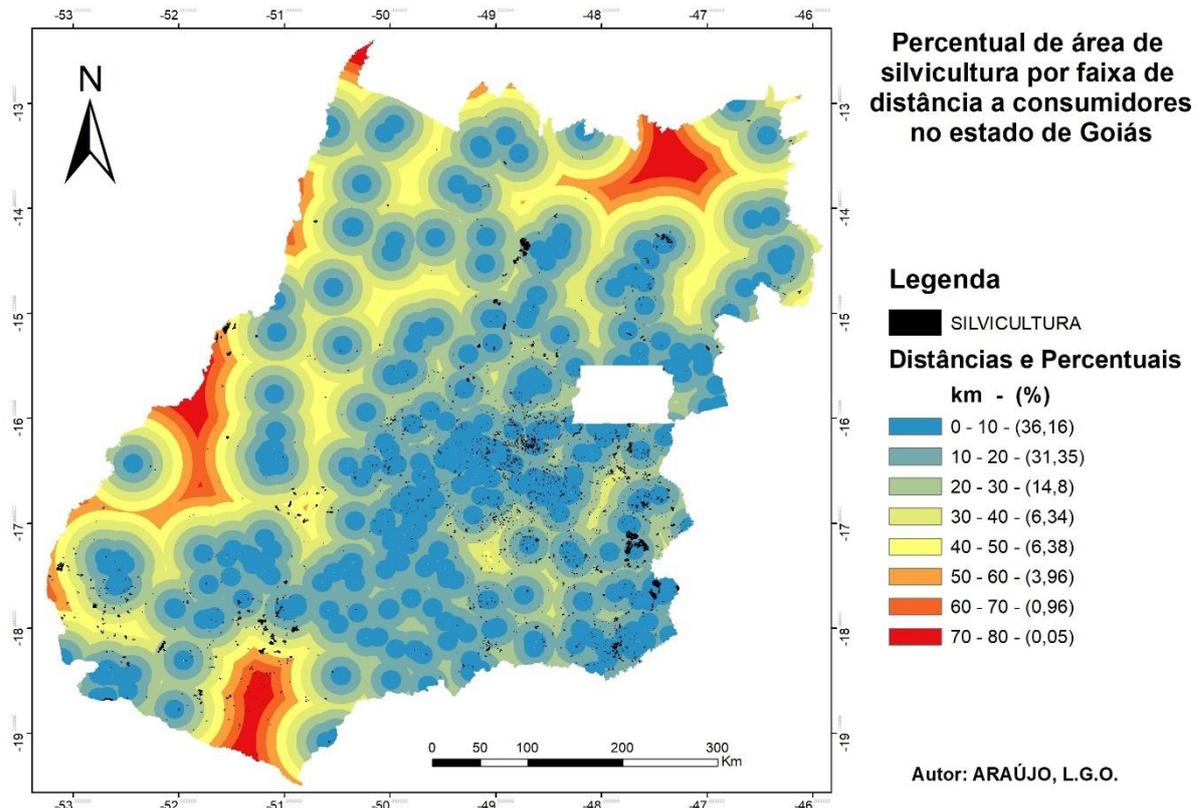


Figura 06: Mapa da silvicultura e distância aos consumidores de madeira em Goiás.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A instalação destes empreendimentos também é condicionada por vantagens logísticas. Portanto verifica-se um padrão semelhante de agrupamento entre os pontos de consumo de madeira e a malha viária.

A porção centro-sul do estado revela a peculiaridade de não conter áreas expressivas de silvicultura, mesmo com a presença de pontos de consumo relativamente adensados. Tal característica pode ser atribuída, entre outros fatores, à grande concorrência entre cultivos agrícolas e plantios florestais. De modo geral os produtores desta região, não encontram viabilidade na substituição da atividade agrícola pela florestal, e nem mesmo no consórcio entre ambas.

Cerca de 67,51% da área de silvicultura se localiza dentro da faixa de até 20 km de algum ponto de consumo, conforme mostrado na Tabela 05. Esta convergência revela, que a

presença de indústrias consumidoras de madeira para energia, em especial, condiciona fortemente a decisão do produtor para alocação de plantios comerciais no estado.

Tabela 05: Área e percentual da silvicultura por faixa de distância a consumidores em Goiás.

Distância (Km)	Área (ha)	(%)
0 - 5	25.537,68	16,81
5 - 10	29.399,76	19,35
10 - 15	28.547,64	18,79
15 - 20	19.080,36	12,56
20 - 25	11.796,84	7,77
25 - 30	10.672,56	7,03
30 - 35	6.237,00	4,11
35 - 40	3.392,28	2,23
40 - 45	5.495,04	3,62
45 - 50	4.195,80	2,76
50 - 55	4.730,40	3,11
55 - 60	1.289,52	0,85
60 - 65	861,84	0,57
65 - 70	589,68	0,39
70 - 75	68,04	0,04
75 - 80	19,44	0,01

Fonte: Elaborada pelo autor.

Ambos os mapas de distância revelam uma concentração elevada de pontos de consumo bem como da malha viária da porção central do estado. Região onde se verifica uma pulverização muito grande de plantios, que em sua maioria são de pequenas áreas.

Ao analisar a influência da distância dos plantios florestais à infraestrutura instalada, constata-se que 58,21% da área de silvicultura está localizada a uma distância menor ou igual a 5 km da malha viária. O que aponta para uma forte relação de dependência desta atividade para com as redes viárias de escoamento para os produtos.

Dada a extensa dimensão do recorte analisado, e a alta pulverização dos povoamentos, pode-se constatar que a presença de armazéns graneleiros, frigoríficos, matadouros, e empreendimentos mineradores, bem como a presença de estradas, são fortes condicionantes para a escolha dos locais onde são instalados empreendimentos silviculturais no estado.

INDICADOR DE PRODUTIVIDADE MÉDIA:

Em seguida, na figura 07, são apresentados os indicadores de produtividade média da silvicultura para os 2013, 2014 e 2015. Os indicadores foram calculados com base nos registros

de produção anual de lenha e madeira em tora dos municípios, e as áreas de plantios florestais descritas no mapa de silvicultura do ano de 2015.

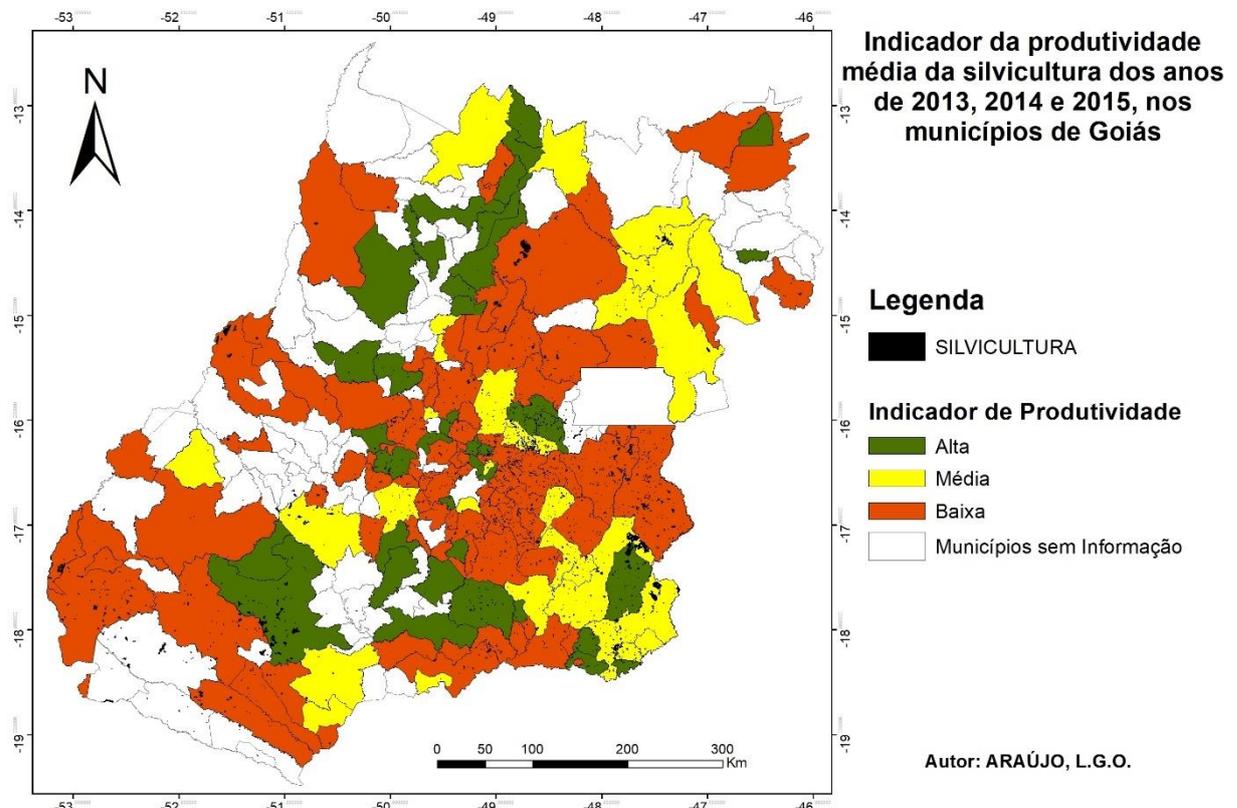


Figura 07: Mapa de produtividade média da silvicultura por município no estado de Goiás.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Os indicadores se mostraram bastantes distintas entre os municípios, para o período considerado. Porém identificam-se alguns padrões de convergências regionais.

Os valores utilizados para a geração do mapa de indicadores de produtividade média dos municípios, podem ser consultados em tabela completa no Apêndice K, deste manuscrito.

A seguir, a Tabela 06 apresenta a área plantada, referente a cada um dos três intervalos de produtividade estabelecidos. Os intervalos foram adaptados com base em valores de produtividade apresentados por Gonçalves et al. (2012).

Tabela 06: Área e percentual por intervalo de produtividade média da silvicultura em Goiás.

Intervalo de Produtividade (m ³ /ha*ano)	Área Plantada (ha)	(%)
< 20	80.088	50,39
20 – 45	42.469,93	29,37
> 45	22.001,62	15,21
Dados Insuficientes	7,27	5,03

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao norte do distrito federal uma extensa região apresenta níveis intermediários de produtividade, entre 20 e 45 m³/ha*ano. Já na região norte verifica-se um grupo de municípios com altos índices de produtividade.

Nos municípios da fronteira sudeste, predominam índices médio e alto. Já no sudoeste, predominam baixos índices, com exceção de Rio Verde e Montevidiu.

Nas regiões centro e sudeste onde ocorre a maior pulverização dos plantios, verifica-se também uma maior diferenciação entre índices de produtividade. Alguns municípios chamam a atenção pelos altos índices e pequenas áreas plantadas, como o caso de Pontalina e Montevidiu.

TIPOS DE SOLO:

A figura 08 apresenta os tipos solo, sobre os quais se estabelecem povoamentos florestais no estado, bem como a quantificação dos respectivos percentuais.

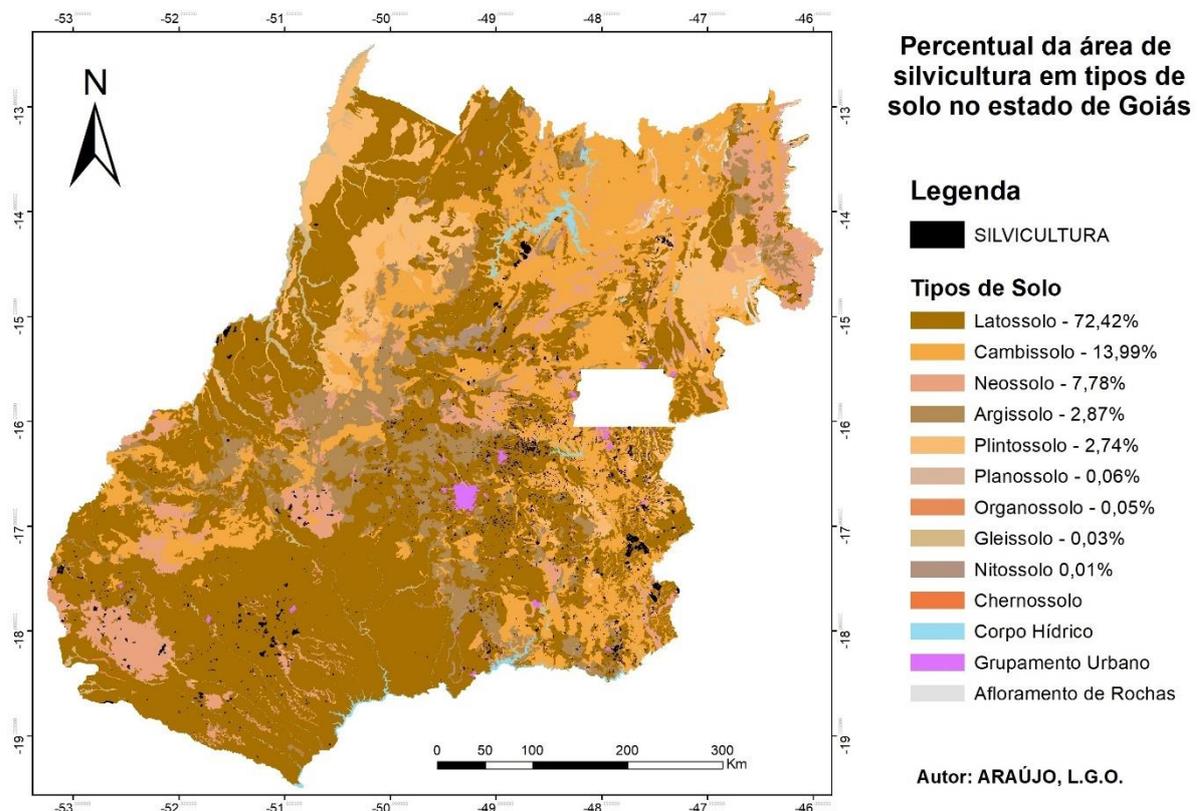


Figura 08: Mapa de Solos e Silvicultura em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

A Tabela 07 apresenta áreas de plantio, e percentuais identificados em cada tipo de solo do estado. Em seguida os tipos são detalhadamente descritos, quanto a seus atributos físicos, bem como aptidões e/ou limitações de manejo.

Tabela 07: Área e percentual da silvicultura por tipo de solo em Goiás.

Tipo	Área (ha)	(%)
Latossolo	109.85	72,42
Cambissolo	21.228,80	13,99
Neossolo	11.802,40	7,78
Argissolo	4.359,87	2,87
Plintossolo	4.164,82	2,74
Planossolo	101,93	0,06
Organossolo	81,85	0,05
Gleissolo	54,44	0,03
Nitossolo	21,42	0,01

Fonte: Elaborada pelo autor.

Latossolos: Solo com a maior ocorrência de plantios florestais no estado, com 72,4% do total de área plantada. Dentre as classes, destacam-se o “Latossolo Vermelho distrófico” e “Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico”, que compreendem cerca de 55% da área plantada. Devido às boas condições físicas e aos relevos mais suaves, apresentam alto potencial para o uso agrícola. São largamente utilizados com produção de grãos: soja, milho, arroz entre outros. Suas limitações estão mais relacionadas à baixa fertilidade verificada na maioria dos latossolos e baixa retenção de umidade, quando de texturas mais grossas e em climas mais secos. O manejo, em geral, requer a adoção de correção de acidez, adubação e, nos climas mais secos, de irrigação em função da exigência da cultura. São normalmente resistentes a processos erosivos. No entanto, verifica-se que o uso intensivo de mecanização tem ocasionado a compactação destes solos, tornando-os mais suscetíveis à erosão. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Cambissolos: Cerca de 14% dos plantios florestais no estado ocorrem em cambissolos, com ênfase para o Cambissolo Áplico distrófico.

Em áreas mais planas, podem apresentar potencial para uso agrícola devido a maior fertilidade natural, argila de atividade baixa e maior profundidade. Já em ambientes de maior declividade, os cambissolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola relacionadas à mecanização e à alta suscetibilidade aos processos erosivos. O manejo adequado implica a correção da acidez e de teores nocivos de alumínio à maioria das plantas, além de adubação de acordo com a necessidade da cultura. Para os cambissolos das encostas, há também a

necessidade de práticas conservacionistas devido a maior suscetibilidade a processos erosivos. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Neossolos: Cerca de 7,8% da silvicultura do estado se encontra em solos deste tipo, cuja ocorrência se dá principalmente na região nordeste, e em menor medida sob a forma de manchas esparsas nas regiões centro e sudeste.

Em áreas mais planas, principalmente os de maior fertilidade natural (eutróficos) e de maior profundidade, apresentam potencial para o uso agrícola. Os solos de baixa fertilidade natural (distróficos) e mais ácidos são mais dependentes de adubação e de calagem para correção da acidez. Os neossolos de textura arenosa apresentam restrição pela baixa retenção de umidade. O uso destes solos deve ser restringido quando estiverem próximos a cursos d'água, por ser área de preservação das matas ciliares. Já em ambientes de relevos mais declivosos, os neossolos mais rasos apresentam fortes limitações para o uso agrícola relacionadas à restrição a mecanização e à forte suscetibilidade aos processos erosivos. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Argissolos: Quase 2,9% dos plantios é feita em argissolos, uma fração pequena quando comparada à dos plantios em neossolos, cuja área de ocorrência no estado tem tamanho semelhante à de argissolos.

Os de maior fertilidade natural, com boas condições físicas e em relevos mais suaves apresentam maior potencial para uso agrícola. Suas limitações estão mais relacionadas a baixa fertilidade, acidez, teores elevados de alumínio e a suscetibilidade aos processos erosivos, principalmente quando ocorrem em relevos mais movimentados. Os Argissolos tendem a ser mais suscetíveis aos processos erosivos devido à sua relação textural, que implica em diferenças de infiltração entre horizontes superficiais e subsuperficiais. No entanto, os de texturas mais leves ou textura média e de menor relação textural são mais porosos, possuindo boa permeabilidade, sendo, portanto, menos suscetíveis à erosão. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Plintossolos: A pesar de serem solos com baixa capacidade de suporte à produção agrícola, cerca de 2,7% dos plantios florestais ocorrem nestas áreas.

Apresentam potencial agrícola principalmente em relevo plano ou suave ondulado, sendo muito utilizado com o cultivo de arroz irrigado. Os concrecionários podem ser utilizados para produção de material para construção da base de estradas. As principais limitações para o uso agrícola estão relacionadas à baixa fertilidade natural, acidez elevada e drenagem. Além de cuidados com a drenagem, o manejo adequado dos Plintossolos implica na adoção de correção

da acidez e dos teores nocivos de alumínio à maioria das plantas e de adubação de acordo com a necessidade da cultura. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Planossolos: Tipo de solo de menor ocorrência mapeado em todo o estado de Goiás, porém sua área de silvicultura supera as de outros três tipos de solos, sendo eles: organossolos, gleissolos e nitossolos.

O potencial de uso agrícola destes está relacionado ao ambiente de ocorrência, principalmente aos relevos plano e suave ondulado. Verifica-se a utilização dos solos hidromórficos com o arroz irrigado. As limitações estão relacionadas à permeabilidade lenta ou muito lenta, a presença de horizonte endurecido ou cimentado é responsável pela formação de lençol d'água sobreposto, de existência periódica e presença variável durante o ano. Constituem, também, limitações ao uso a textura superficial arenosa pelas implicações na retenção de umidade e na deficiência nutricional, e a presença de teores elevados de sódio que podem afetar o desenvolvimento da maioria das culturas. O manejo adequado, requer cuidados com a drenagem, principalmente os hidromórficos, correção de acidez e de teores nocivos de alumínio à maioria das plantas (SANTOS & ZARONI, 2013).

Organossolos: Apresentam limitações ou mesmo restrições ao uso agrícola, associadas a teores elevados de materiais sulfídricos, de sais e de enxofre responsáveis por toxidez à maioria das culturas.

Os solos de média a alta saturação por bases (eutróficos) indicam fertilidade natural mais alta, o que aumenta o potencial de uso agrícola. Com relação às características físicas, apresentam restrições causadas por drenagem deficiente, também, em função da tendência à subsidência (abaixamento do nível da superfície do solo causada pela retração do material) típica destes solos, apresentam forte restrição à mecanização. Estes solos são muito suscetíveis ao cultivo. Embora sejam adotados uso e manejo adequados, estes podem ser muito lentamente modificados. Seu manejo requer cuidados quando drenados. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Gleissolos: Apenas 0,03% das áreas de silvicultura se encontram em gleissolos.

Apresenta baixa fertilidade natural, podendo apresentar problemas com acidez e teores elevados de alumínio, de sódio e de enxofre. Com relação às características físicas, são solos mal ou muito mal drenados, em condições naturais. A proximidade com os rios limita o uso agrícola destes solos, sendo, também, área indicada para preservação das matas ciliares. No entanto, áreas fora da proteção ambiental apresentam potencial ao uso agrícola, desde que não

apresentem teores elevados de alumínio, sódio e de enxofre. O manejo adequado dos requer cuidados com a drenagem pelo risco de causar precipitação de enxofre, adoção de correção de acidez e de teores nocivos de alumínio à maioria das plantas e adubação de acordo com a necessidade da cultura. (SANTOS & ZARONI, 2013).

Nitossolos: Tipo com a menor ocorrência de silvicultura no estado de Goiás, com apenas 0,01%.

Apresentar alta ou baixa fertilidade natural, acidez ligeiramente elevada e teores variáveis de alumínio. Em áreas mais planas, principalmente os de maior fertilidade natural e de maior profundidade, apresentam alto potencial para o uso agrícola. Já em ambientes de relevos mais declivosos, apresentam alguma limitação para uso agrícola relacionada à restrição a mecanização e à susceptibilidade à erosão. O manejo adequado implica na correção de acidez para os que apresentam pH baixo e teores mais elevados de alumínio, e adubação de acordo com a necessidade da cultura. Quanto aos nitossolos em áreas mais declivosas, além destas, há necessidade das práticas conservacionistas devido a maior suscetibilidade aos processos erosivos. (SANTOS & ZARONI, 2013).

ALTIMETRIA:

A figura 09, apresenta as cotas altimétricas onde se estabelecem povoamentos no estado, seguidas dos respectivos percentuais em cada cota.

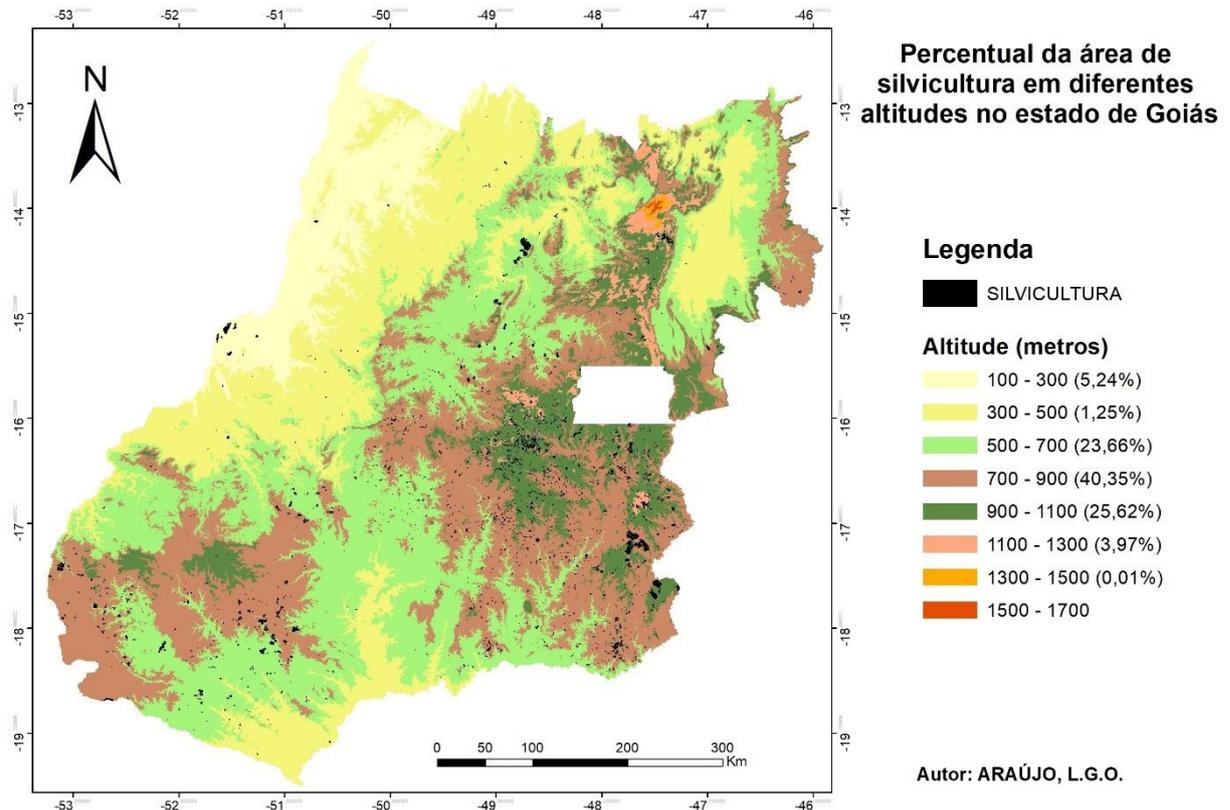


Figura 09: Mapa de altimetria e Silvicultura em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

Os plantios foram identificados, predominantemente, dentro do intervalo que vai de 500 até 1100 metros de altitude, parcela que corresponde a cerca de 90% de toda a área de silvicultura no estado. Esta convergência está de acordo com as recomendações feitas por especialistas, que apontam as altitudes intermediárias como as mais viáveis ao plantio.

Em seguida, a Tabela 08 apresenta as áreas e percentuais existentes em cada cota altimétrica.

Tabela 08: Área e percentual da silvicultura por cota altimétrica em Goiás

Altitude (m)	Área (ha)	(%)
100 – 300	7.943,26	5,24
300 – 500	1.895,92	1,25
500 – 700	35.887,80	23,66
700 – 900	61.200,80	40,35
900 – 1100	38.857,60	25,62
1100 – 1300	6.027,62	3,97
1300 – 1500	12,95	0,01

Fonte: Elaborado pelo autor.

O estado de Goiás possui condições climáticas consideravelmente distintas às dos ambientes onde se aclimataram a maior parte das espécies florestais introduzidas no Brasil. Este fato, de certo modo, torna relativa as recomendações dirigidas ao produtor, no que diz respeito à escolha de ambientes para o plantio, pois as limitações edafoclimáticas consideradas para tais espécies, podem ser muito diferentes em alguns casos, ou até mesmo inexistentes.

Segundo Souza et al. (2006), a altitude influencia diretamente a temperatura do local e, por consequência, a demanda evaporativa. Deste modo, a escolha da espécie a ser implantada, deve considerar, além da finalidade comercial, também o critério da adaptabilidade às condições edafoclimáticas de cada ambiente.

RELEVO:

A figura 10, apresenta as classes de relevo onde se estabelecem plantios, segundo intervalo percentual de declividade fornecido pela Embrapa.

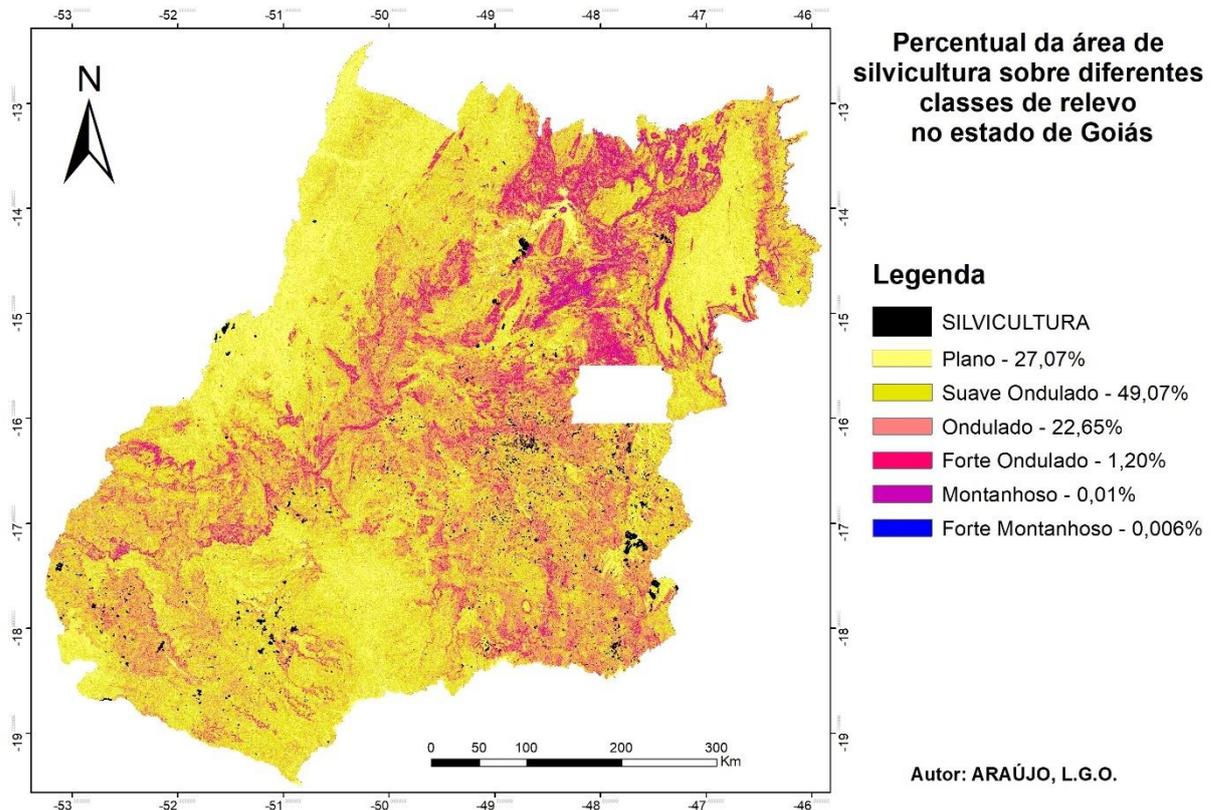


Figura 10: Mapa de Relevo e Silvicultura em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

Terrenos acidentados agem negativamente, principalmente, na qualidade final da madeira em decorrência das tensões de crescimento no tronco. (CIRIELLO, 2015). Áreas com maiores declividades, em geral, estão associadas a solos pouco profundos, com baixa oferta de nutrientes, impedimento à moto-mecanização e maior suscetibilidade a processos erosivos.

A Tabela 09, trás os percentuais de áreas da silvicultura para cada classe de relevo.

Tabela 09: Área e percentual de silvicultura por classe de relevo em Goiás.

Classe de Relevo	Intervalo em (%)	Área (ha)	(%)
Plano	0 – 3	36.755,40	27,07
Suave Ondulado	3 – 8	66.633,00	49,07
Ondulado	8 – 20	30.756,50	22,65
Forte Ondulado	20 – 45	1.636,69	1,20
Montanhoso	45 – 75	12,15	0,01
Forte Montanhoso	75 <	8,02	0,006

Fonte: Elaborado pelo autor.

Observando a distribuição da silvicultura sobre as diferentes classes de relevo no estado, constata-se que pouco mais de 1/4 dos plantios ocorrem sobre relevo plano. O que favorece os processos de preparação de solos, plantio e colheita. Esta condição faz com que as áreas planas sejam priorizadas para cultivos extensivos, como soja, milho, algodão e cana de açúcar.

As áreas de relevo suave ondulado, por sua vez, recebem cerca de metade dos plantios. Tendência que pode estar relacionada ao papel coadjuvante assumido pela silvicultura, enquanto concorrente de outros cultivos agrícolas, que são alocados em áreas mais planas.

As áreas de relevo ondulado, recebem quase 1/4 de todos os plantios. O que ajuda a corroborar a hipótese de que a silvicultura concorre com outras atividades agrícolas e tende a ser alocada em áreas menos propícias.

APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS:

A seguir a Figura 11, apresenta os tipos de aptidão agrícola das terras onde se estabelecem povoamentos. Os três tipos de manejo que caracterizam a aptidão agrícola são detalhados em seguida.

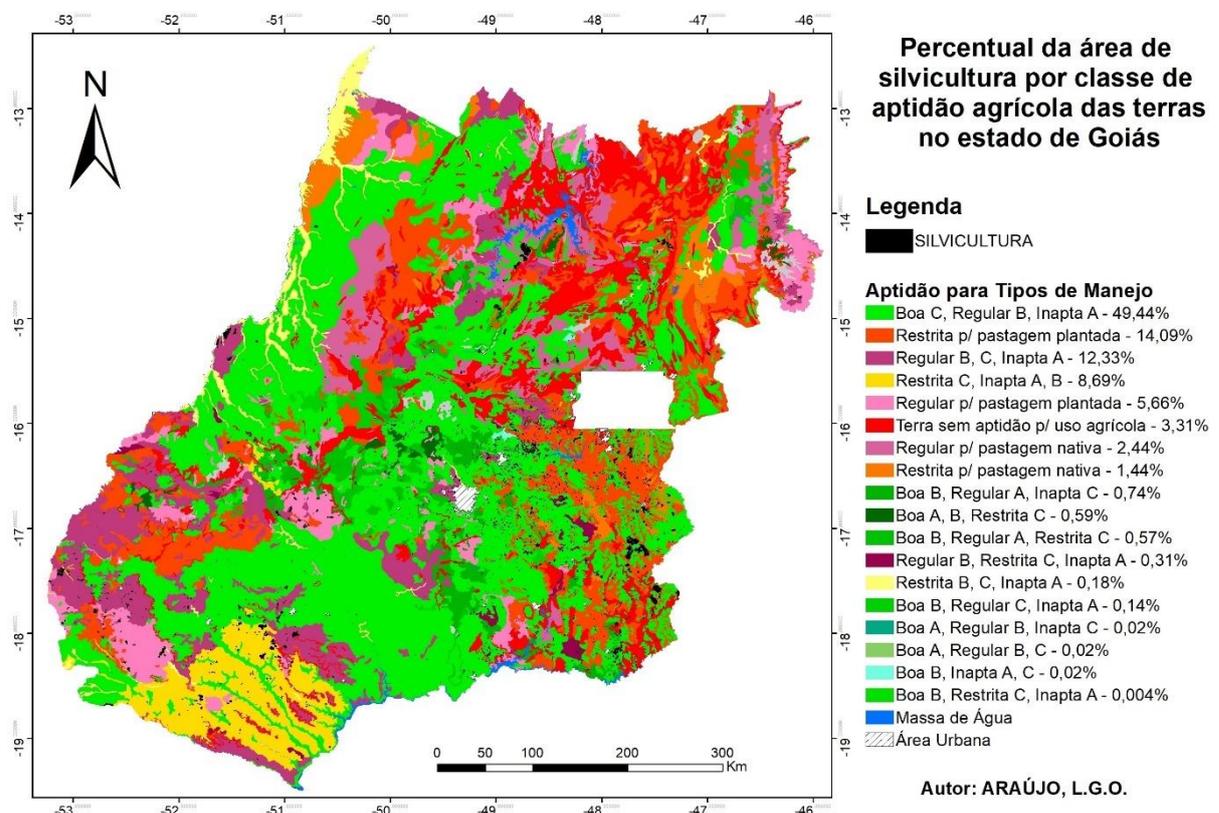


Figura 11: Mapa de aptidão agrícola e silvicultura em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

Tipos de Manejo, segundo Ramalho e Beek (1995):

A: Manejo baseado em práticas agrícolas de baixo nível tecnológico; praticamente não há aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas dependem do trabalho braçal, podendo ser utilizada alguma tração animal com implementos agrícolas simples;

B: Baseado em práticas agrícolas de nível tecnológico médio: caracteriza-se pela modesta aplicação de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras; as práticas agrícolas estão condicionadas principalmente à tração animal;

C: Baseado em práticas agrícolas de alto nível tecnológico: caracteriza-se pela aplicação intensiva de capital e de resultados de pesquisas para manejo, melhoramento e conservação das terras e lavouras; a motomecanização está presente nas diversas fases da operação agrícola.

Tabela 10: Área, percentual e indicador de produtividade média da silvicultura por classe de aptidão em Goiás.

Id	Aptidão Agrícola das Terras	Área (ha)	(%)	Produtividade
01	Boa C, Regular B, Inapta A	75.050,80	49,44	132,5
02	Restrita para pastagem plantada	21.384,50	14,09	90,1
03	Regular B, C, Inapta A	18.717,10	12,33	99,7
04	Restrita C, Inapta A, B	13.190,20	8,69	73,9
05	Regular para pastagem plantada	8.591,72	5,66	86,6
06	Terra sem aptidão para uso agrícola	5.020,84	3,31	117,2
07	Regular para pastagem nativa	3.703,34	2,44	18,4
08	Restrita para pastagem nativa	2.185,07	1,44	50,1
09	Boa B, Regular A, Inapta C	1.128,84	0,74	92,8
10	Boa A, B, Restrita C	895,93	0,59	18,7
11	Boa B, Regular em A, Restrita C	869,44	0,57	141,1
12	Regular B, Restrita C, Inapta A	466,27	0,31	37,9
13	Restrita em B, C, Inapta A	275,71	0,18	16
14	Boa B, Regular C, Inapta A	215,67	0,14	12,2
15	Boa B e Inapta nos demais	34,41	0,02	24,7
16	Boa A, Regular B, C	25,10	0,02	3
17	Boa A, Regular B, Inapta C	23,99	0,02	2
18	Boa B, Restrita C, Inapta A	5,44	0,004	41

Intervalos de Produtividade: < 20 (m³/ha*ano); 20 – 45 (m³/ha*ano); 45 < (m³/ha*ano)

Fonte: Elaborado pelo autor.

As classes de aptidão, 01, 06 e 11 apresentaram as médias mais elevadas de produtividade, com destaque ao desempenho da classe 06 (Terra sem aptidão para uso agrícola), tendo apresentado, a pesar das restrições, alto potencial na produção silvicultural.

As produtividades maiores que 45 (m³/ha*ano), ocorrem predominantemente, em tipos de aptidão de manejos (B) e (C), caracterizados pela aplicação de níveis tecnológicos médio e alto, respectivamente. Por outro lado, os índices mais baixos de produtividade ocorrem predominantemente em tipos de aptidão para o manejo (A), cujo nível tecnológico é baixo.

A convergência observada, indica uma clara relação entre índices médios de produtividade da silvicultura, e as diferentes classes de aptidão agrícola das terras, caracterizadas por seus respectivos níveis de aplicação tecnológica. Neste sentido, os históricos de produtividade das diferentes localidades e suas características ambientais, são informações essenciais para o planejamento de uma expansão eficiente.

VULNERABILIDADE AMBIENTAL:

A Figura 12 traz os percentuais de área da silvicultura em cada classe de vulnerabilidade.

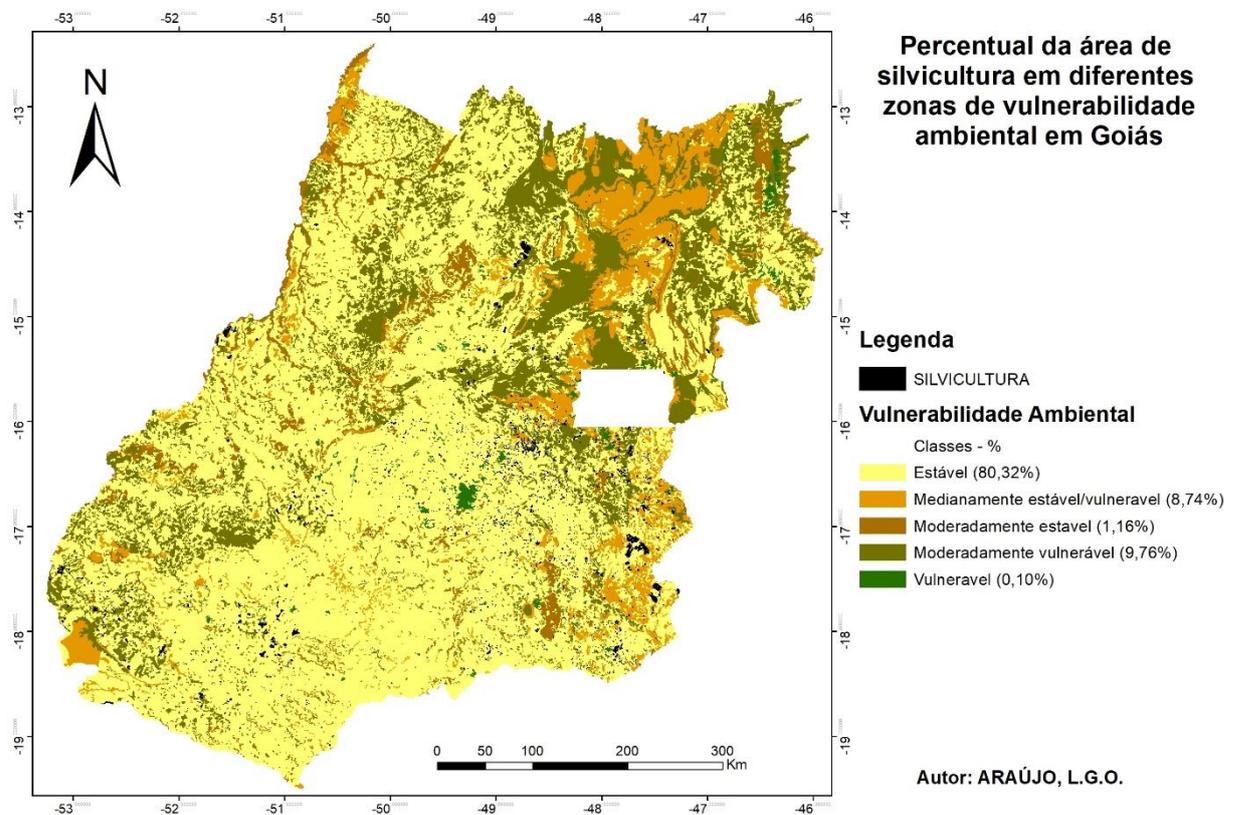


Figura 12: Mapa de vulnerabilidade ambiental e silvicultura em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

A vulnerabilidade ambiental está fortemente ligada ao grau de antropização das terras, este fenômeno ocorre na maioria dos casos pela substituição da cobertura natural do solo, por cultivos agrícolas e pastoris. Deste modo a implantação da silvicultura se deu em sua maior parte, sobre áreas já antropizadas, e com índices de vulnerabilidade elevados.

A Tabela 11, detalha a ocorrência dos plantios em cada classe de vulnerabilidade.

Tabela 11: Área e percentual da silvicultura por classe de vulnerabilidade ambiental em Goiás.

Classe de Vulnerabilidade	Área (ha)	(%)
Estável	121.829,00	80,32
Moderadamente Estável	13.257,90	8,74
Medianamente Estável/Vulnerável	14.804,20	9,76
Moderadamente Vulnerável	1.768,30	1,16
Vulnerável	162,22	0,10

Fonte: Elaborado pelo autor.

A predominância de silvicultura em áreas classificadas como vulneráveis, se deve principalmente à grande extensão desta classe de vulnerabilidade no estado.

Oliveira et al. (2015), ressalta que, quando manejada adequadamente, a floresta comercial apresenta perdas de solo por erosão hídrica, abaixo da tolerância admissível. Em algumas situações, essas perdas ficam relativamente próximas daquelas da mata nativa, indicando que esses plantios oferecem eficiente cobertura ao solo.

5.2. Modelos Dinâmicos

5.2.1. Análise da Expansão da Silvicultura entre os anos de 2000 e 2015

Os resultados, demonstraram que a área de silvicultura em Goiás teve crescimento de 265% em 15 anos, passando de 62.854,7 hectares no ano de 2000, para 166.567,9 hectares em 2015, uma taxa de crescimento constante de 6,8% ao ano.

A etapa de validação do modelo de expansão (2000 – 2015), utilizando função de decaimento constante e múltiplos tamanhos de janela, revelou similaridade de 50% entre os mapas simulado e observado, com a janela de 43 pixels. Uma precisão satisfatória quando considerada a resolução espacial de 90 metros dos mapas utilizados.

A grande dificuldade em se atingir a acurácia do modelo, pode ser atribuída à enorme diferença entre a área média dos povoamentos de silvicultura, que é 12 ha com desvio padrão de 59 ha na imagem de 2015, e as áreas das classes de variáveis explicativas. Além do fato de

se tratar de um fenômeno modelado para todo o estado, cuja extensão total ultrapassa os 34.000.000 ha.

Por meio da análise dos pesos de evidência foi possível identificar padrões de convergência do fenômeno, que complementam e aprofundam as informações geradas na análise exploratória.

A variável *distância a plantios no ano de 2000*, mostrou-se atrativa ao fenômeno de expansão, até a distância de 16,5 km. Para distâncias maiores a tendência foi de repulsão. Esta relação indica uma forte influência dos plantios já estabelecidos, sobre a expansão da silvicultura, podendo ocorrer na forma de crescimento dos povoamentos já existentes ou surgimento de novos povoamentos.

A Figura 13, apresenta a curva de tendência da variação dos pesos de evidência, em função da distância.

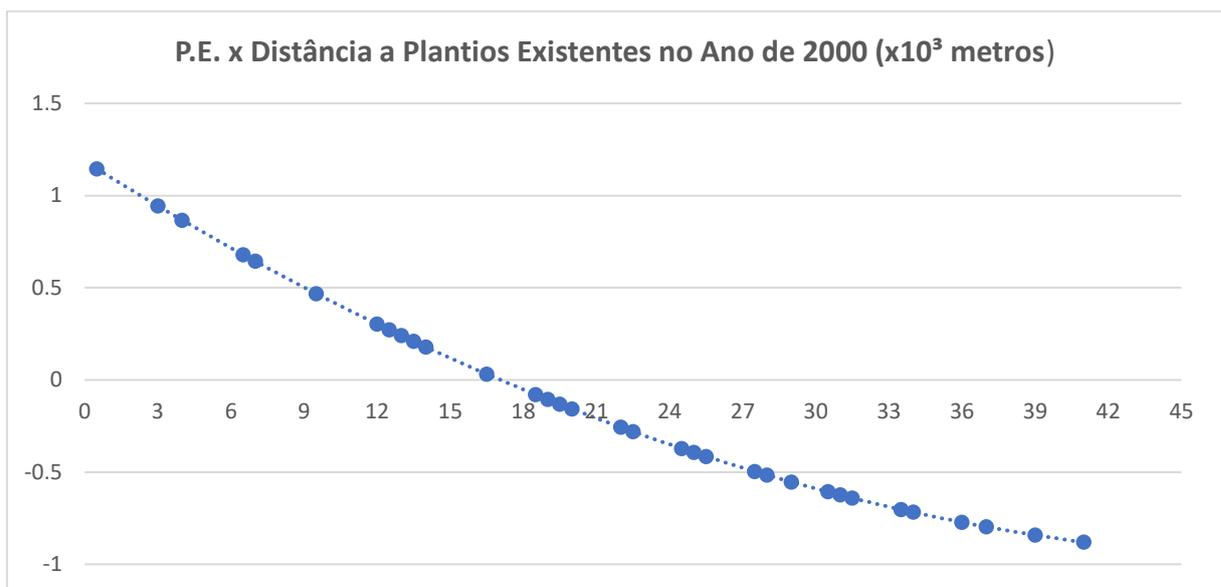


Figura 13: Curva de tendência de pesos em função da distância a plantios existentes em 2000. Fonte: Elaborado pelo autor.

A variável *distância à infraestrutura*, mostrou-se atrativa ao fenômeno até 2,5 km, e repulsiva para distâncias maiores. Esta tendência indica uma forte probabilidade de expansão de plantios muito próximos à infraestrutura de transporte e de consumo.

É válido reiterar que a variável *distância à infraestrutura* é resultado da junção das variáveis, distância à malha viária e distância aos consumidores, apresentadas na etapa de análise exploratória. Os pesos desta variável apresentaram padrão inversamente proporcional à

distância ao longo de todo o intervalo observado. Este padrão pôde ser descrito pela curva de tendência, apresentada na Figura 14.

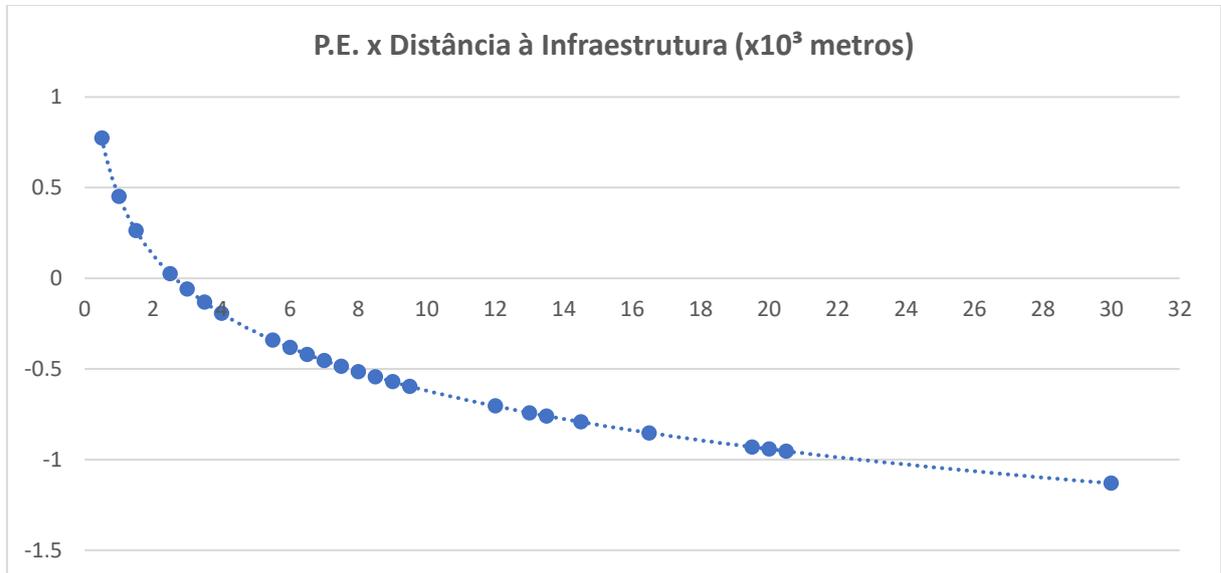


Figura 14: Curva de tendência de pesos em função da distância à infraestrutura.
Fonte: Elaborado pelo autor.

Para a *altimetria*, a expansão foi atraída para áreas com altitude entre 700 e 1300 metros, com maior intensidade para altitudes acima de 900 metros. Este fato demonstra que no estado existe uma tendência considerável de expansão dos plantios para zonas elevadas. Em grande parte, ocorrendo na região a sudoeste do Distrito Federal, compreendendo a porção central do estado, e ao norte do DF.

O relevo “suave ondulado”, com declividade variando de 3% a 8%, foi o único intervalo que apresentou pesos positivos, representando atração ao fenômeno. O que significa que a expansão no período observado, se deu estritamente para áreas com este tipo de relevo.

Para a *aptidão agrícola*, o fenômeno teve maior atração para áreas com boa aptidão no manejo B, seguida de áreas com boa aptidão no manejo C. Estes tipos de manejo pressupõem o emprego de tecnologias que vão de níveis intermediários a elevados. Este fato indica que há por parte do produtor, uma disposição para escolha de áreas mais adequadas, propícias ao ganho de produtividade mediante o emprego do planejamento e das tecnologias.

Para a *vulnerabilidade ambiental*, a classe “estável” apresentou maior atração ao fenômeno, seguida pela classe “medianamente estável-vulnerável”. As demais, apresentaram repulsão ao fenômeno com maior intensidade da classe “vulnerável” seguida por “moderadamente estável” e “moderadamente vulnerável”.

5.3 Cenários de Predição (2015 – 2030)

Conforme procedimentos apresentados na seção 3.2.6, foram elaborados dois cenários de predição para a expansão da silvicultura até o ano de 2030. Para o cenário *usual*, foram mantidos os pesos de evidência obtidos na etapa que simulou a expansão da silvicultura entre 2000 e 2015. Já para o cenário *ajustado*, as variáveis: altimetria, vulnerabilidade ambiental, declividade, e aptidão agrícola, tiveram os pesos reordenados, com objetivo de se alcançar maior eficiência alocativa dos povoamentos.

A área total estimada de silvicultura para cada cenário no ano de 2030, variou ligeiramente em torno de 338.000 hectares. Uma vez aplicada para ambos os cenários a taxa de incremento de 6,8% ao ano.

A simulação do cenário *usual* mostrou a formação de povoamentos mais concentrados, próximas à malha viária. Padrão que se assemelha ao da dinâmica observada entre 2000 e 2015. As porções central e sudeste do estado, apresentaram grande crescimento de áreas plantadas. Na região ao norte do DF, também se registra significativo aumento de plantios.

A seguir, a Figura 15 apresenta a projeção da expansão entre os anos de 2015 e 2030 no cenário usual.

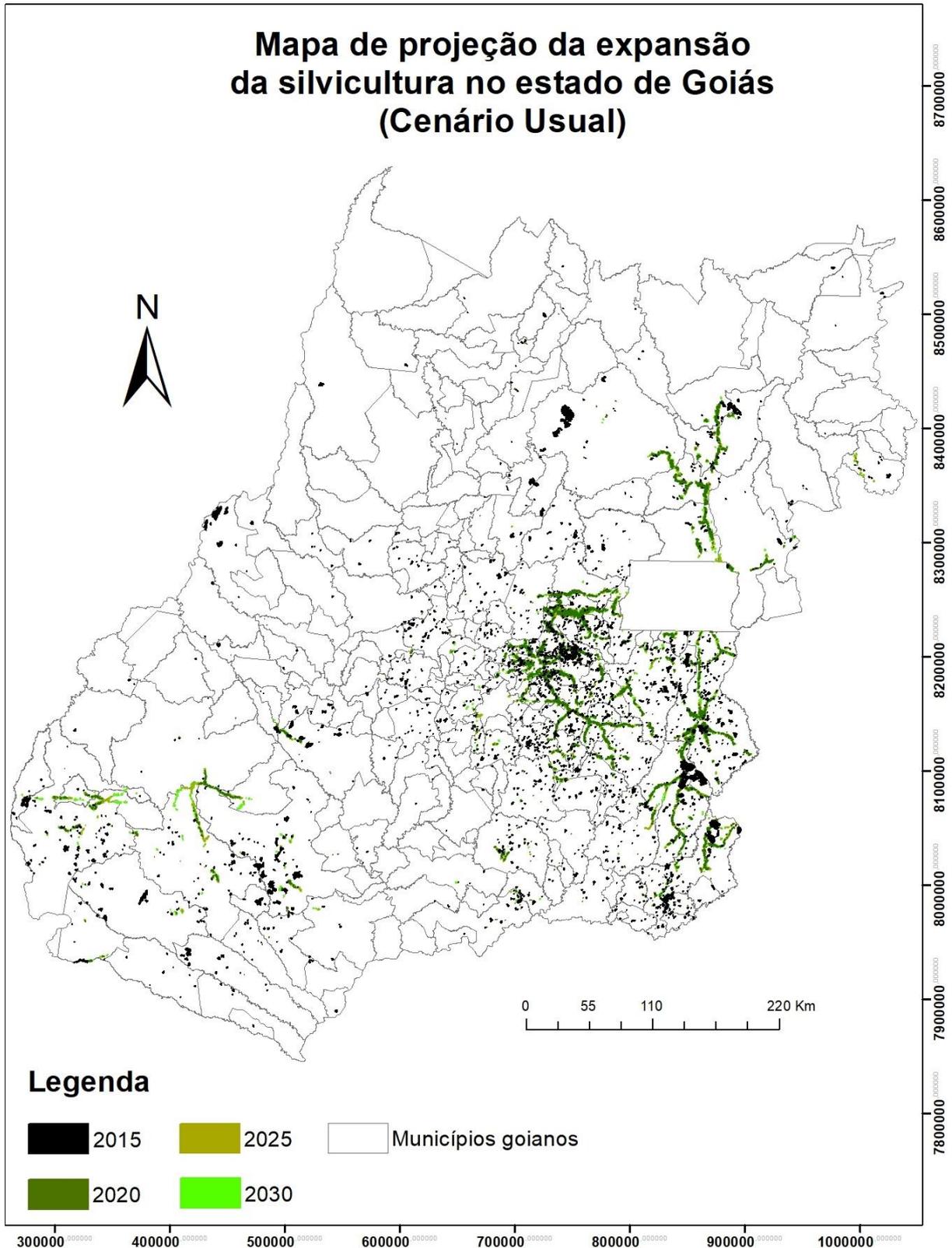


Figura 15: Projeção para expansão da silvicultura de 2015 a 2030 no cenário usual, em Goiás.
Fonte: Elaborado pelo autor.

A Figura 16 apresenta a projeção da expansão entre os anos de 2015 e 2030 no cenário ajustado.

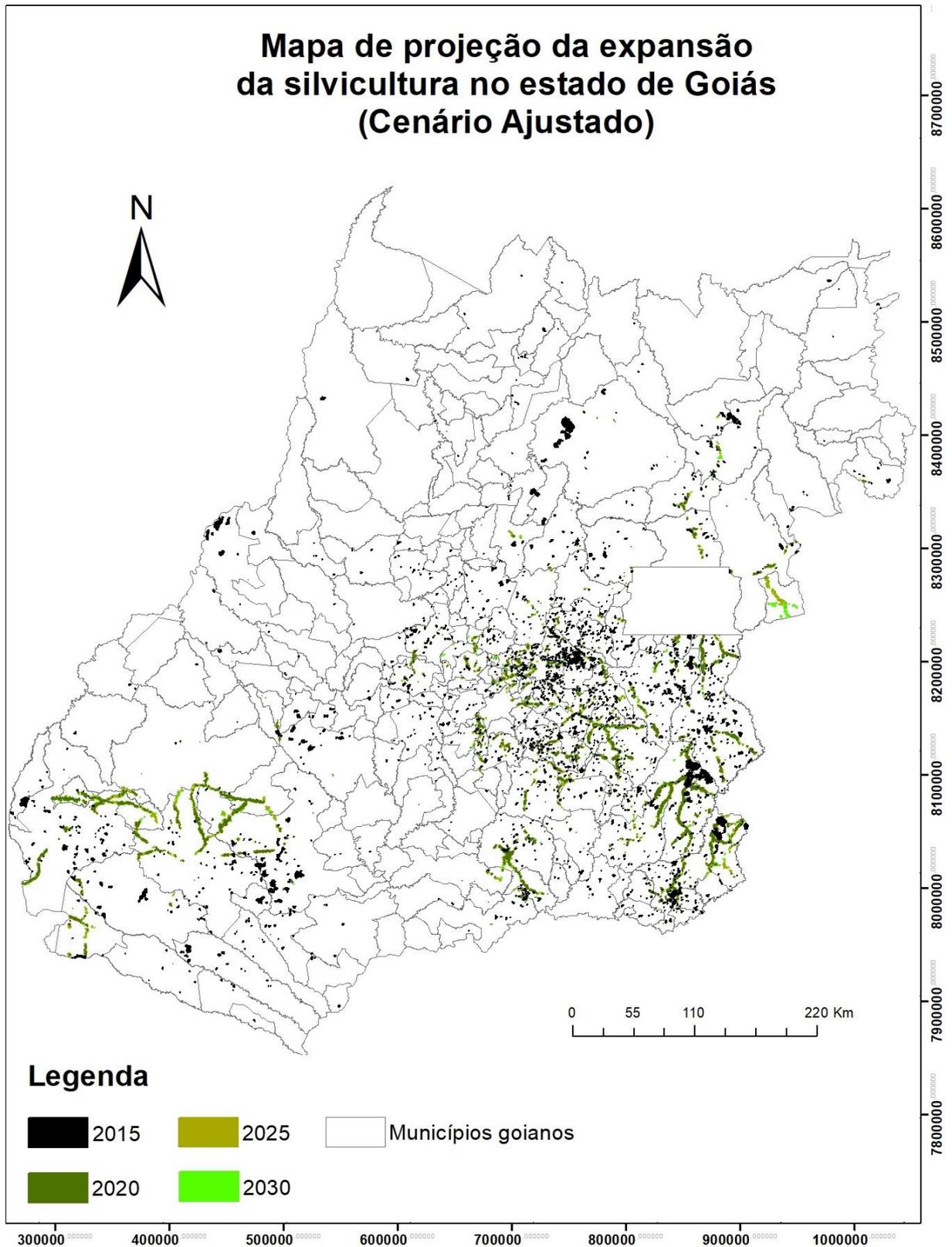


Figura 16: Projeção para expansão da silvicultura de 2015 a 2030 no cenário ajustado, em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

A simulação do cenário *ajustado*, mostrou o surgimento de povoamentos mais distribuídos ao longo do estado, com expansão considerável nas porções centro, sudeste, sudoeste e ao norte do distrito federal.

Diferentemente do cenário *usual* o cenário *ajustado* apresentou maior fragmentação dos povoamentos, e menor sujeição à influência da variável infraestrutura. A influência das outras variáveis provocou a expansão notadamente maior para a região sudoeste.

Em ambos os cenários as regiões, centro sul, noroeste e nordeste permaneceram praticamente inalteradas, sem o surgimento significativo de povoamentos.

Ao fim deste manuscrito, nos apêndices (A) a (J), são apresentados mapas da estimativa de crescimento das áreas de silvicultura para 2030, a nível municipal, para os dois cenários.

As taxas de conversão das classes de uso e cobertura, para silvicultura, tomando como referência o mapa do projeto TerraClass Cerrado de 2013, revelaram diferenças significativas entre os dois cenários. Conforme apresentado na Tabela 12.

Tabela 12: Estimativas de conversão de usos do solo para silvicultura em 2030, em dois cenários, no estado de Goiás.

Classe Uso	Cenário Usual		Cenário Ajustado	
	Área (ha)	(%)	Área (ha)	(%)
Agricultura Anual	70.631,24	39,88	99.753,62	56,26
Agricultura Perene	3.325,04	1,87	8.111,33	4,57
Mineração	207,90	0,11	207,58	0,11
Ocupações	740,81	0,41	453,22	0,25
Não observado	332,65	0,18	583,53	0,33
Vegetação Nativa	34.979,90	19,75	22.328,45	12,59
Outros	2,76	0,00	14,60	0,01
Pastagem	59.171,15	33,41	39.652,62	22,36
Silvicultura	4.795,91	2,70	4.223,36	2,382
Solo Exposto	414,73	0,23	259,97	0,14
Urbano	2.285,48	1,29	1.344,33	0,76

Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante destacar que, os mapas de estimativa de expansão para os dois cenários, são produtos derivados do mapeamento de uso e cobertura, produzido por Cabral (2017), cuja classificação de imagens teve foco na identificação da silvicultura no estado de Goiás no ano de 2015. Já o mapa de uso e cobertura, utilizado como referência para as análises de expansão, foi o do projeto TerraClass Cerrado, referente ao ano de 2013. Deste modo, há que se considerar as ligeiras distinções entre os dois mapas.

A Figura 16, ilustra em percentuais, as estimativas de avanço da atividade para 2030, sobre os diferentes tipos de uso e cobertura predominantes em 2015.

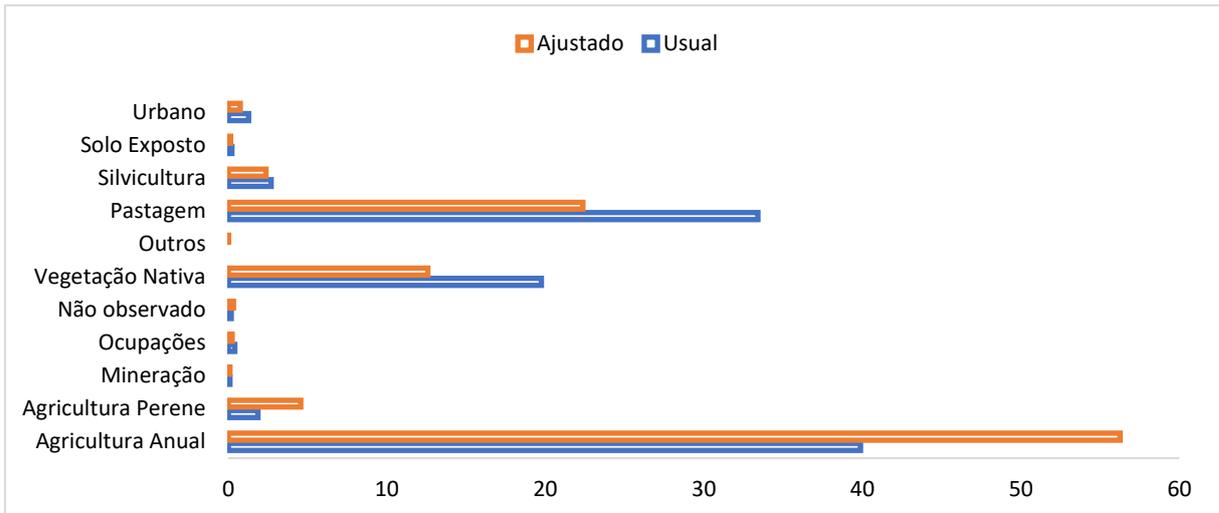


Figura 17: Estimativa da conversão em (%) de Uso do Solo para Silvicultura em 2030 em Goiás. Fonte: Elaborado pelo autor.

As classes com maiores diferenças de conversão estimada, foram: “pastagem”, “vegetação nativa” e “agricultura anual”. No cenário *usual*, cerca de 1/3 da expansão se dará para áreas de pastagem enquanto as áreas de vegetação nativa receberiam cerca de 1/5, e as áreas de agricultura anual receberiam cerca de 2/5 da expansão.

Já no cenário *ajustado* as proporções são de aproximadamente 1/5 para áreas de pastagem, combinadas a 1/9 para áreas de vegetação nativa e quase 3/5 para áreas de agricultura anual.

Esta diferença pode ser explicada pela alteração dos pesos da variável vulnerabilidade ambiental no cenário *ajustado*, que, ao priorizar áreas com menores graus de vulnerabilidade, afastou expansão da silvicultura das áreas de vegetação nativa.

Outra diferença que chama a atenção, ocorre entre os valores de expansão sobre a agricultura perene, mais que duplicando sua área no cenário *ajustado*, comparado ao cenário *usual*. Este efeito se deve, principalmente, à alteração dos pesos da *aptidão agrícola*, que, ao priorizar zonas mais aptas ao manejo tecnificado, conduziria a expansão para locais onde historicamente se desenvolve uma agricultura mais sofisticada, em termos de planejamento, investimento e valor agregado dos produtos.

O avanço para áreas de agricultura anual, para ambos os cenários, foi outro importante indicativo de que os plantios tenderão a ocupar solos mais propícios ao ganho de produtividade. Pois essas áreas também estão associadas a níveis de tecnificação entre médio e alto.

A tendência também aponta para o possível aumento da oportunidade de integração entre silvicultura e agricultura, já que as duas atividades tenderiam a ocupar o mesmo espaço.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu uma compreensão ampla a respeito dos fatores espaciais que condicionam a decisão dos produtores de florestas plantada no estado de Goiás. A escolha das variáveis explicativas se mostrou adequada ao cumprimento dos objetivos, tendo sido possível verificar, na etapa de validação do modelo de expansão, uma similaridade de 50% entre os mapas simulado e observado, com a janela de tolerância de 43 pixels.

Os resultados demonstraram que a silvicultura ocorre em quase todos os tipos de ambientes e de condições produtivas. Podendo muitas vezes ser desenvolvidas em áreas de baixa capacidade de suporte, comparada a culturas agrícolas. Fato que corrobora a premissa de que se tratam de culturas menos exigentes e mais versáteis quanto a adaptabilidade.

Foi observada a ocorrência de grande parte dos plantios em áreas de elevada altitude, com relevo suave ondulado e perfis de aptidão voltado a agricultura de médio nível tecnológico e baixo nível de mecanização, além da distribuição pulverizada em pequenas áreas. Estas ocorrências, podem indicar que uma parcela considerável dos produtores, opta por áreas periféricas e pouco planejamento quanto à produtividade e qualidade final da madeira.

Por outro lado, a atividade mostrou-se bem localizada em relação à infraestrutura de transporte e aos mercados consumidores. Com 58% da área total dos povoamentos a uma distância de até 5 km da malha viária, e 67% a uma distância de até 20 km de algum ponto de consumo.

Os indicadores de produtividade, entre municípios, se mostraram bastante distintos para o período considerado. Porém foram identificados algumas tendências de convergência regional, que podem ajudar a orientar a busca por ambientes de negócio mais férteis, como mercados pouco explorados em termos de tecnificação, diversificação ou vantagens ambientais.

Com respeito à avaliação do potencial de expansão da atividade até 2030, Os dois cenários apresentaram diferenças importantes entre tendência de avanço para áreas de uso já estabelecidos. No cenário usual, cerca de 39%, seriam alocadas em áreas antes utilizadas como agricultura anual. E no cenário ajustado o percentual é de 56%. Este sinal abre possibilidades para a adoção de estratégias que otimizem ambas as atividades, pois em um cenário de cooperação em busca do rendimento, a integração das produções pode recompensar o produtor e harmonizar setores que estão em permanente crescimento.

O considerável avanço para áreas naturais, em especial no cenário usual, chama a atenção para a responsabilidade com que a atividade deverá ser desenvolvida no estado. Pois os povoamentos florestais apresentam possibilidades de impactarem positive ou negativamente os ambientes onde são manejados.

A pesquisa revelou que a expansão da silvicultura em Goiás pode enfrentar desafios relativos ao ordenamento do espaço produtivo. Desafios estes que podem plasmar um novo conjunto de problemáticas a serem estudadas com maior profundidade, tanto do âmbito da modelagem dinâmica, quanto das ciências florestais e áreas correlatas.

REFERÊNCIAS

AGTERBERG, F.P; BONHAM-CARTER, G.F. **Deriving weights of evidence from geoscience contour maps for the prediction of discrete events**. XXII Int. Symposium AP-COM; 1990, 381-395.

ANTONANGELO, A; BACHA, C.J.C. **As Fases da Silvicultura no Brasil**, *Esalq/USP*. RBE Rio de Janeiro, 1998

BRITO, J.O. **O uso energético da madeira** ESTUDOS AVANÇADOS 21, p185-193. (59), 2007

BURROUGH, P. A. **Dynamic modelling and geocomputation**. In: Longley, P. A.; Brooks, S. M.; McDonnell, R.; MacMillan, B. ed. *Geocomputation: a primer*. Chichester: John Wiley & Sons, 1998.

CABRAL, D¹.C; CESCO, S². **NOTAS PARA UMA HISTÓRIA DA EXPLORAÇÃO MADEIREIRA NA MATA ATLÂNTICA DO SUL-SUDESTE** Ambiente & Sociedade; Campinas v. XI, n. 1; p. 33-48 jan.-jun. 2008

CABRAL, E.G. **ANÁLISE MULTITEMPORAL DA SILVICULTURA NO ESTADO DE GOIÁS VIA SENSORIAMENTO REMOTO**; BDTD/UFG. Goiânia 2017

CAMARA, G; MONTEIRO, A.M.V. **GEOCOMPUTATION TECHNIQUES FOR SPATIAL ANALYSIS: ARE THEY RELEVANT TO HEALTH DATA?** Divisão de Processamento de Imagens, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. C. P. 515, São José dos Campos, SP 12201-027, Brasil. Cad. Saúde Pública vol.17 no.5 Rio de Janeiro Sept./Oct. 2001

CERVERAA, T¹; PINOB, J²; MARULLC, J³; ROC PADRÓD, R⁴; TELLO, E⁴. **Understanding the long-term dynamics of forest transition: From deforestation to afforestation in a Mediterranean landscape (Catalonia, 1868–2005)**; Land Use Policy (2016)

CHAEBO, G; CAMPEÃO, P; KODAMA, A.K; SANTOS, A.B; NORILLER, R.M; **Silvicultura em Mato Grosso do Sul: desafios e perspectivas a formulação de um arranjo produtivo local**, 48º Congresso SOBER Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, Campo Grande MS, 2010

CIRIELLO, E. **Oportunidades e Desafios para a Silvicultura de Espécies Nativas**, Tropical Flora; Simpósio Araras 2015.

CPRM. **Geologia e Recursos Minerais do Estado de Goiás e do Distrito Federal ARCABOUÇO GEOTECTÔNICO DO ESTADO DE GOIÁS E DO DISTRITO FEDERAL 2017.**

DANIEL, O. **SILVICULTURA**, Univerddidade Federal Da Grande Dourados Faculdade De Ciências Agrárias Dourados – MS BRASIL 2007

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **SÚMULA DA X REUNIÃO TÉCNICA DE LEVANTAMENTO DE SOLOS**, Rio de Janeiro, 1979

SIEG - **Sistema Estadual de Geoinformação de Goiás**. Disponível em: <<http://www.sieg.go.gov.br/>> Acesso em: maio 2017

FERREIRA, C. A.; SILVA, H. D. **As plantações florestais: Formação de povoamentos Florestais**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 33-41.

FERREIRA, M. E. **MODELAGEM DA DINÂMICA DE PAISAGEM DO CERRADO**, Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Goiás. Programa Multidisciplinar de Doutorado em Ciências Ambientais, 2009.

GOILFARI, J; CESAR, B.L; MOURA. V.P.G. **ZONEAMENTO ECOLÓGICO ESQUEMÁTICO PARA REFLORESTAMENTO NO BRASIL (2º APROXIMAÇÃO)**, Centro de pesquisa florestal da região cerrado. Belo Horizonte, 1978.

GONÇALVES, J.L.M. **DIRETRIZES E AÇÕES EM PROL DE UMA SILVICULTURA SUSTENTÁVEL**, I Encontro Brasileiro de Silvicultura, novembro de 2008

GONÇALVES, J. L. M¹; ALVARES, C. A²; GONÇALVES, T. D³; MOREIRA, R. M⁴; MENDES, J. C. T⁵; GAVA, J. L.⁶ **MAPEAMENTO DE SOLOS E DA PRODUTIVIDADE DE PLANTAÇÕES DE EUCALYPTUS GRANDIS, COM USO DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA**. Sci. For., Piracicaba, v. 40, n. 94, p. 187-201, jun. 2012

HAGEN, A. **Multi-method assessment of map similarity**. Proceedings of the 5th AGILE Conference on Geographic Information Science, 2002

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Malhas digitais**. 2000. Disponível em: <<http://mapas.ibge.gov.br/bases-e-referenciais/bases-cartograficas/malhas-digitais.html>>. Acesso em: ago. 2017.

IMB – Instituto Mauro Borges, **Panorama Socioeconômico de Goiás – Estudos IMB**. Goiânia: SEGPLAN, 2012.

IBÁ - Indústria Brasileira de Árvores. **Relatório Ibá 2017**. Brasília 2017 p. 17

IZUMI, A. S. **CARACTERIZAÇÃO DE COMPARAÇÃO DA CONSTRUÇÃO DE UM ARMAZÉM ‘DENTRO DA PORTEIRA’ E ‘FORA DA PORTEIRA’ NO ESTADO DE GOIÁS**. ESALQ - Piracicaba, 2012

LAPIG – **Laboratório de Processamento de Imagem e Geoprocessamento**. Disponível em: <<https://www.lapig.iesa.ufg.br/lapig/index.php/produtos/dados-geograficos>> Acesso em: maio 2017

LIMA, C. M. G. **Modelagem de transição florestal na Mata Atlântica**, Dissertação - Universidade Federal de Minas Gerais, Instituto de Geociências, 2012.

MACEDO R. C. **Modelagem Dinâmica Espacial da Expansão da Agricultura em Campos Novos-SC**. Anais XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 2013

MARCELINO, E. V¹; MARCELINO, I. P. V¹. DE O; RUDORFF, F DE M²; GOERL, R. F², **GEOINFORMAÇÃO E DESASTRES NATURAIS EM ÁREAS URBANAS: O CASO DO FURACÃO CATARINA**, Geodesastres-Sul, Centro Regional Sul, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Santa Maria - RS, 2005

MOREIRA, M. A. **Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação**, 3ª edição, EDITORA UFV - Universidade Federal de Viçosa 2007

MOURA, A.B.A.P; ZAIDAN, R.T. **ANÁLISE MULTITEMPORAL E POSSÍVEIS IMPACTOS DA EXPANSÃO DA SILVICULTURA DE EUCALIPTO NO MUNICÍPIO DE CARRANCAS – MG, UM ESTUDO PARA OS ANOS DE 2005, 2008, 2013 E 2015**. Caderno de Geografia, v.27, n.48, 2017

OLIVEIRA, Y. M. M; OLIVEIRA, E. B. **Plantações florestais: geração de benefícios com baixo impacto ambiental**. EMBRAPA FLORESTAS, 2015

PEREIRA, B. A. S. **Introdução de coníferas no Brasil, um esboço histórico**. Caderno de Geociências. IBGE, Brasília, 4:25-38, 1990.

PINHEIRO, J. V; LADISLAU, R. **CONSIDERAÇÕES GERAIS SÔBRE A EXPLOTAÇÃO DO EUCALIPTO NO ESTADO DE SÃO PAULO**. Serviço Florestal da Companhia Paulista de Estradas de Ferro, 1957

PRAZERES, L. B. **AÇÕES MITIGADORAS DOS IMPACTOS AMBIENTAIS EM UM FRIGORÍFICO DE AVES**, Trabalho de Conclusão de Estágio - Universidade Federal de Santa Catarina, 2004

RAMALHO, A. F; BEEK, K. J. **SISTEMA DE AVALIAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA DAS TERRAS**, EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 3ª Edição. Rio de Janeiro, 1995

REIS, C. F; MORAES A. C; PEREIRA A. V; AGUIAR A. V; SOUSA V. A; BORGES H. M.D. **Diagnóstico do setor de florestas plantadas no estado de Goiás**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 139 p.

REIS, C. F; NETO, A. T; BRUNCKHORST, A; MOREIRA, J. M. M. A. P; PEREIRA A. V; MORAES A. C. **Cenário do Setor de Florestas Plantadas no estado de Goiás**. EMBRAPA FLORESTA 2017.

REIS, C. F; SANTOS, A. M; MOREIRA, J. M. M. A. P; OLIVEIRA, V. L. E; COSTA, A. C; DUARTE, M; FARINA, S. S; BARREIRA, S; REZENDE, W; **DIRETRIZES PARA PROMOÇÃO DO DESENVOLVIMENTO FLORESTAL NO ESTADO DE GOIÁS**, Sebrae, Goiânia, 2018.

RODRIGUES H. O; SOARES-FILHO, B. S; COSTA, W. L. S. **Dinamica EGO, uma plataforma para modelagem de sistemas ambientais**. Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Florianópolis, Brasil, 21-26 abril 2007, INPE, p. 3089-3096.

SANTANA R. C²; BARROS, N. F³; NOVAIS, R. F³; LEITE, H.G⁴; COMERFORD, N. B⁵. **ESTIMATIVA DE BIOMASSA DE PLANTIOS DE EUCALIPTO NO BRASIL**, Revista Árvore. vol.32, n.4, 2008

SANTOS, H. G; ZARONI, M. J, **ÁVORE DO CONHECIMENTO: SOLOS TROPICAIS**, Agência Embrapa de Informação Tecnológica; Rio de Janeiro, 2013

SANTOS, R. F. **PLANEJAMENTO AMBIENTAL: TEORIA E PRÁTICA**. Oficina dos Textos: São Paulo, 2004.

SIMIONI, F.J¹; MOREIRA, J.M.M.A.P²; FACHINELLO, A.L³; BUSCHINELLI, C.C.A⁴; MATSUURA, M.I.S.F⁵. **EVOLUÇÃO E CONCENTRAÇÃO DA PRODUÇÃO DE LENHA E CARVÃO VEGETAL DA SILVICULTURA NO BRASIL**; Ciência Florestal, Santa Maria, v. 27, n. 2, p. 731-742, abr.-jun., 2017.

SIMONI, F. J; BUSCHINELLI, C. C. A; DEBONI, T. L; PASSOS, B. M. **CADEIA PRODUTIVA DE ENERGIA DE BIOMASSA FLORESTAL: O CASO DA LENHA DE EUCALIPTO NO POLO PRODUTIVO DE ITAPEVA - SP** Ciência Florestal, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 310-323, jan.- mar., 2018

SOARES-FILHO, B.S. **ANÁLISE DE PAISAGEM: FRAGMENTAÇÃO E MUDANÇAS**, Departamento de Cartografia, Centro de Sensoriamento Remoto – Instituto de Gociências, UFMG, 1998

SOARES-FILHO, B.S; RODRIGUES H.O; COSTA, W.L.S. **MODELING ENVIRONMENTAL DINAMYCS WITH DINÂMICA EGO**. 1.ed. BELO HORIZONTE 2009. 115p

SOUZA, M. J. H; RIBEIRO, A; LEITE, H. G; LEITE, F. P; MINUZZI, R, B. **DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO SOLO E PRODUTIVIDADE DO EUCALIPTOEM TRÊS REGIÕES DA BACIA DO RIO DOCE**. R. Árvore, Viçosa-MG, v.30, n.3, p.399-410, 2006.

SOUZA, C.C¹; MOREIRA, A.A²; SCHIMIT R.S³; BRANDÃO P.C⁴; SILVA E⁵. **TÉCNICAS DE SENSORIAMENTO REMOTO COMO SUBSÍDIOS AOS ESTUDOS DE FLORESTAS IMPLANTADAS NO BRASIL UMA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**; Ciência Florestal, Santa Maria, v. 17, n. 4, p. 409-417, out-dez, 2007

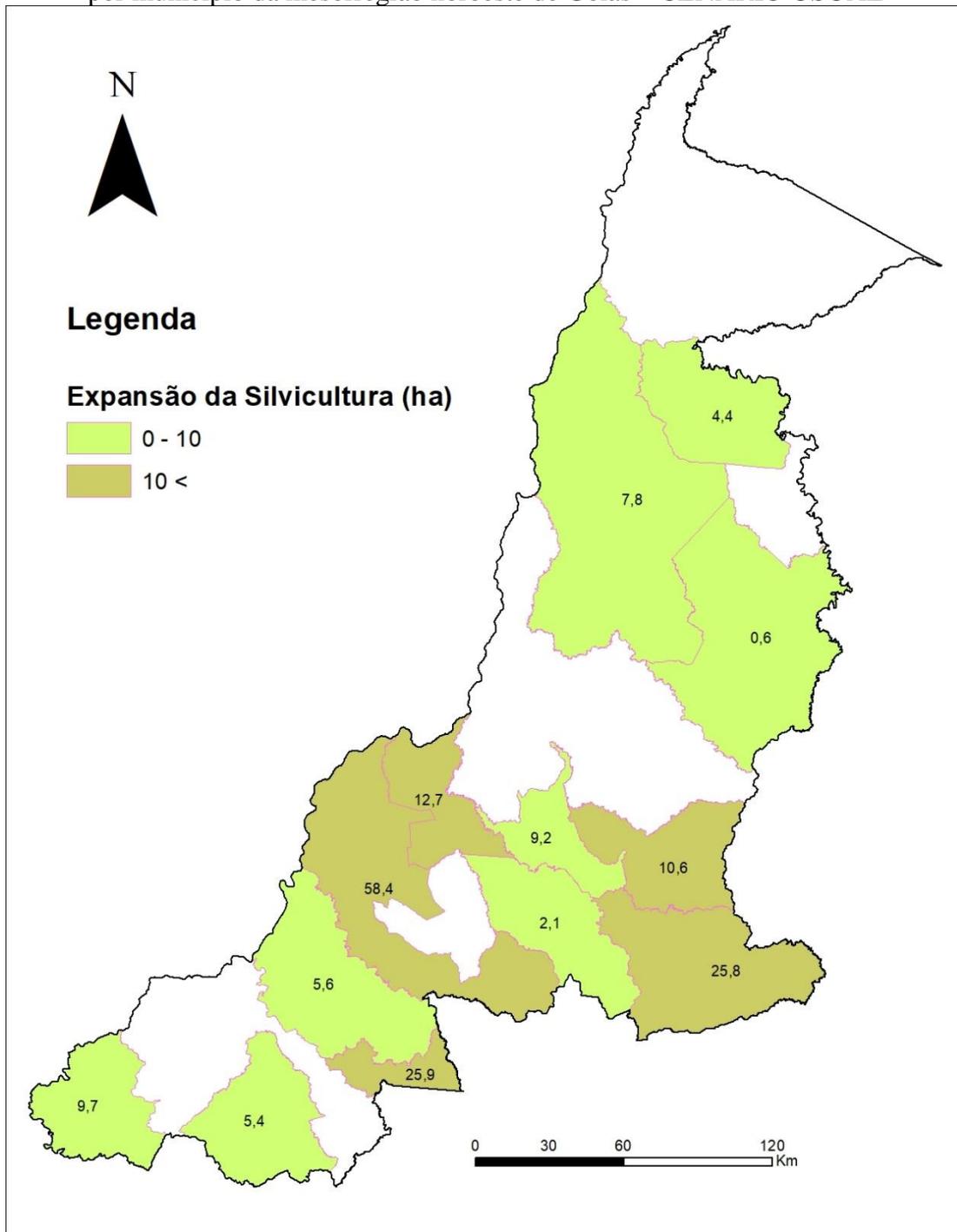
Souza, O; Filho, A. **O PAPEL DO LICENCIAMENTO AMBIENTAL NA MINIMIZAÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA NA INDÚSTRIA DE ABATE DE**

ANIMAIS, Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais (GESTA) Gesta, v. 5, n. 1; p. 13-25, 2017

ZANELLA, M, E; OLÍMPIO, J, L; COSTA, M. C. L; EUSTÓGIO; DANTAS, W. C.
**VULNERABILIDADE SOCIOAMBIENTAL DO BAIXO CURSO DA BACIA
HIDROGRÁFICA DO RIO CÔCO, FORTALEZA-CE.** Soc. & Nat., Uberlândia, 25 (2):
317-332, mai/ago/2013.

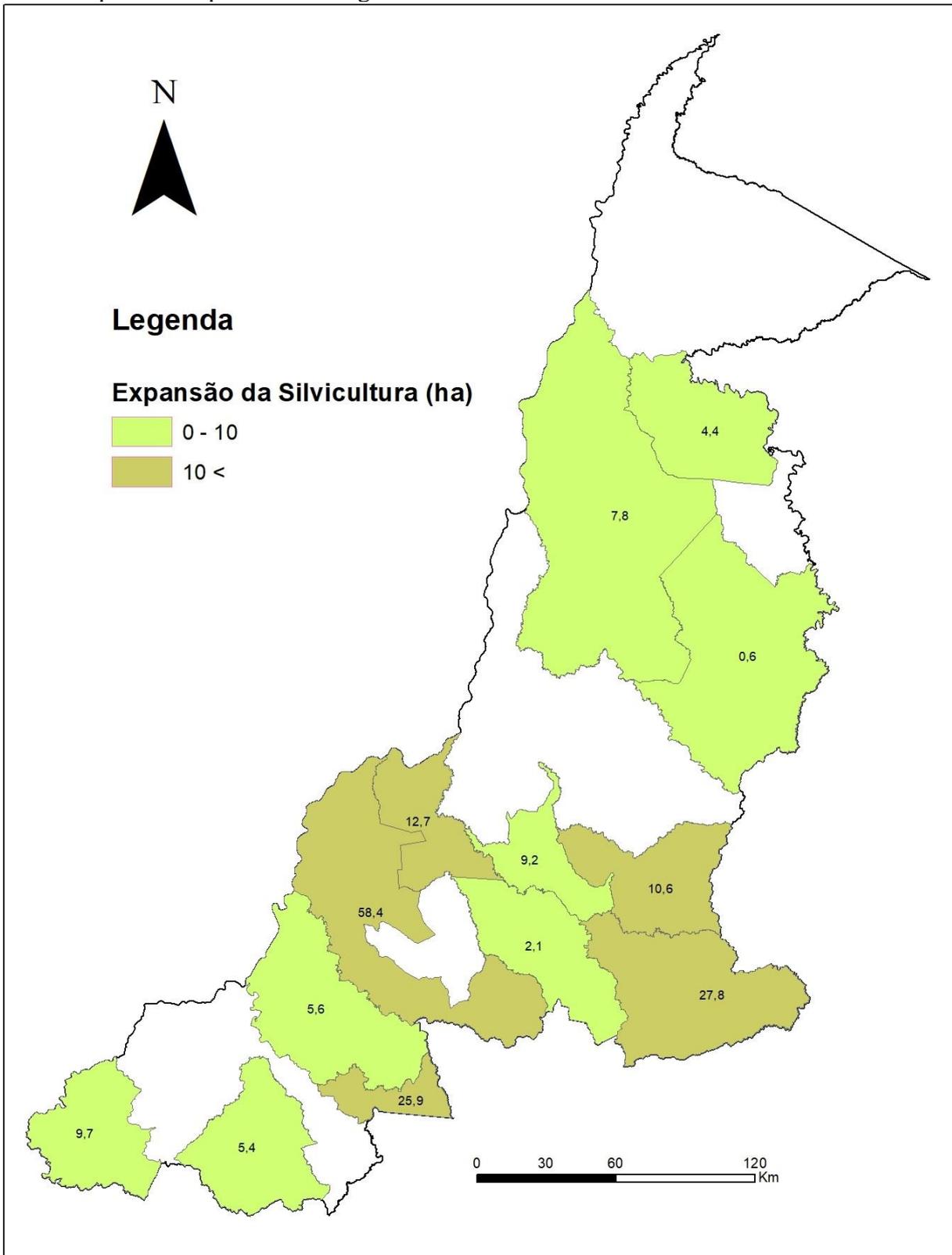
ZENID, G. J. **Madeira: uso sustentável na construção civil**; Instituto de Pesquisas
Tecnológicas: SVMA coordenador. -- 2. ed. -- São Paulo, 2009.

APÊNDICE A: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião noroeste de Goiás – CENÁRIO USUAL



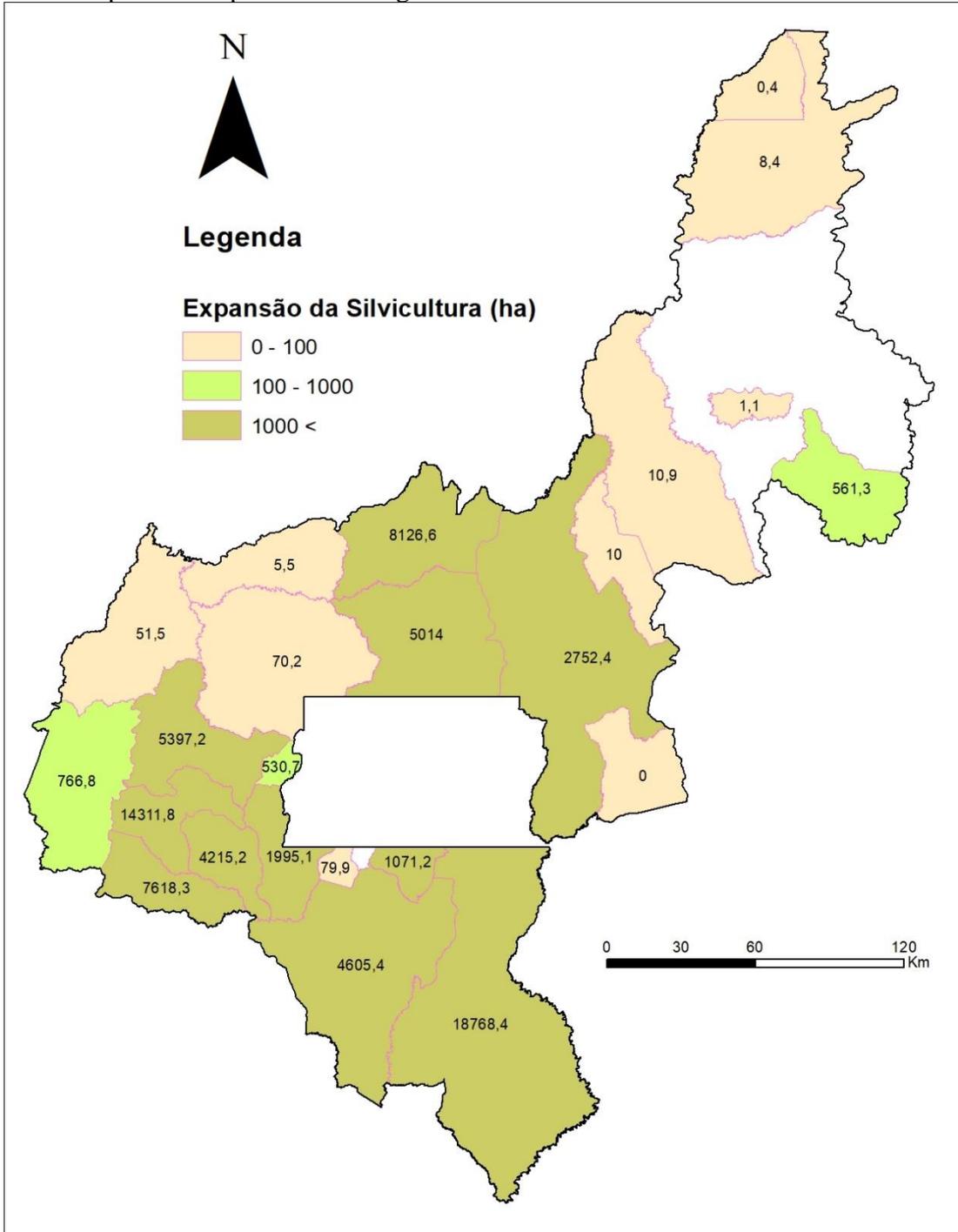
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE B: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião noroeste de Goiás - CENÁRIO AJUSTADO



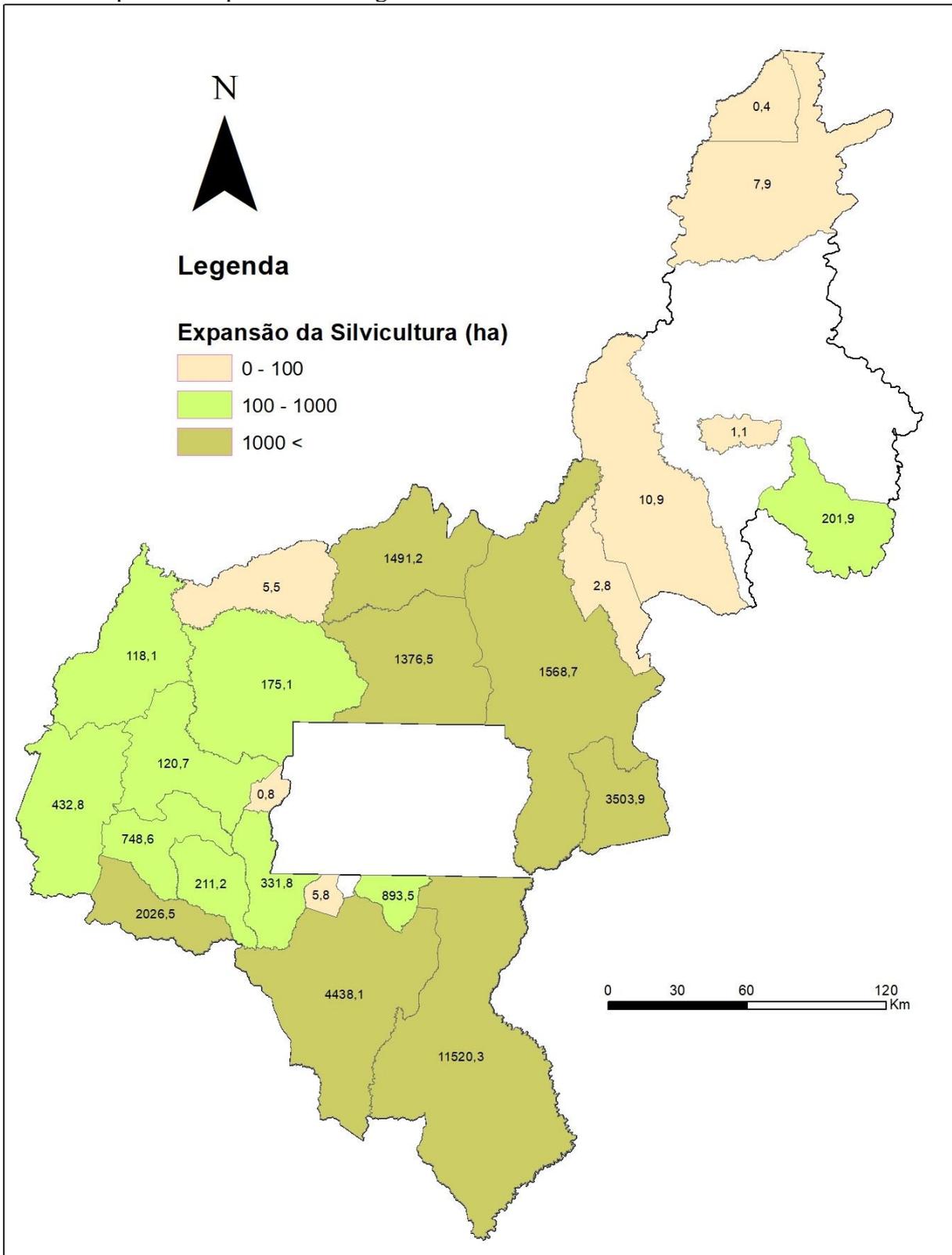
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE C: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião leste de Goiás – CENÁRIO USUAL



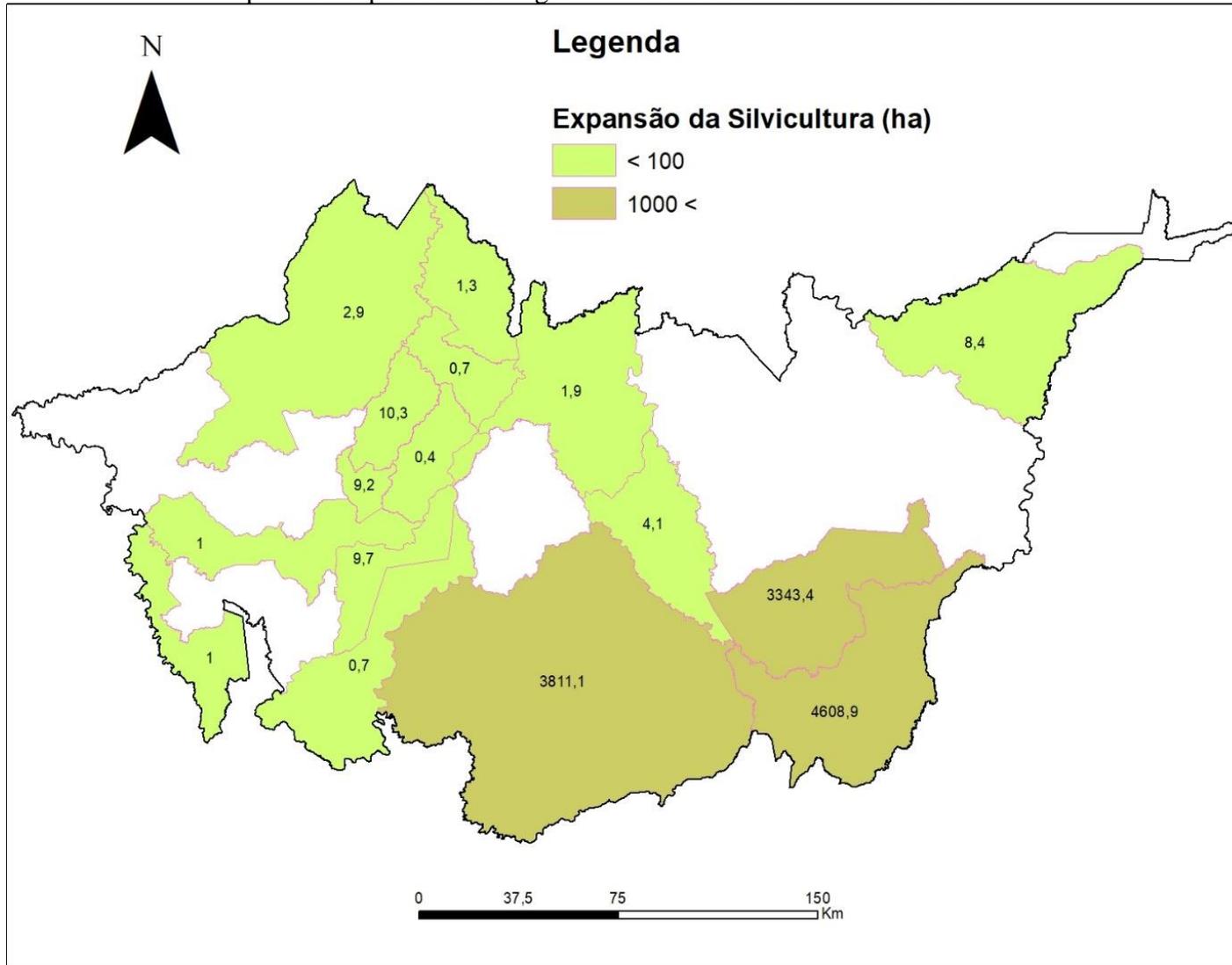
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE D: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião leste de Goiás – CENÁRIO AJUSTADO



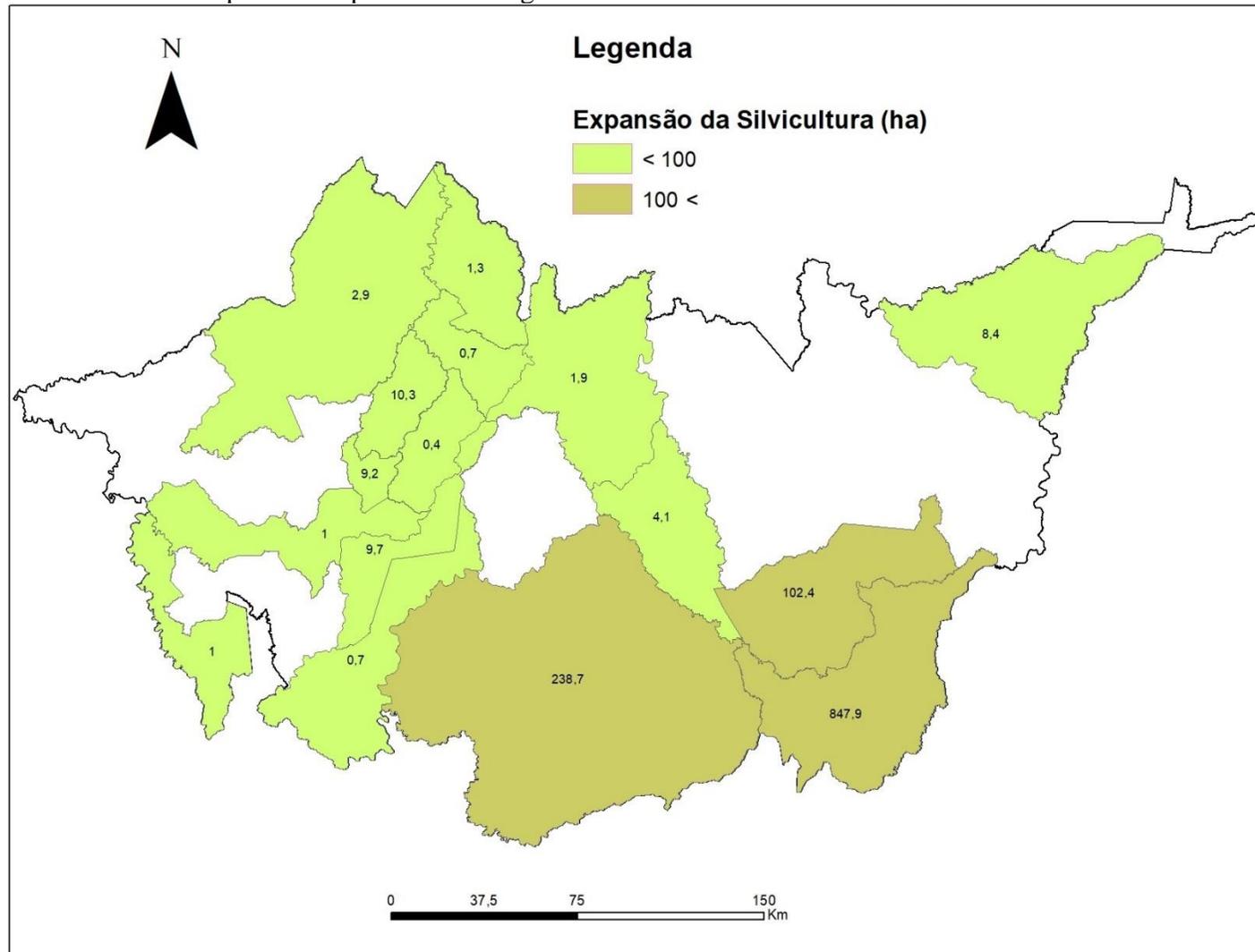
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE E: Expansão estimada da silvicultura para 2030, por município da mesorregião norte de Goiás – CENÁRIO USUAL



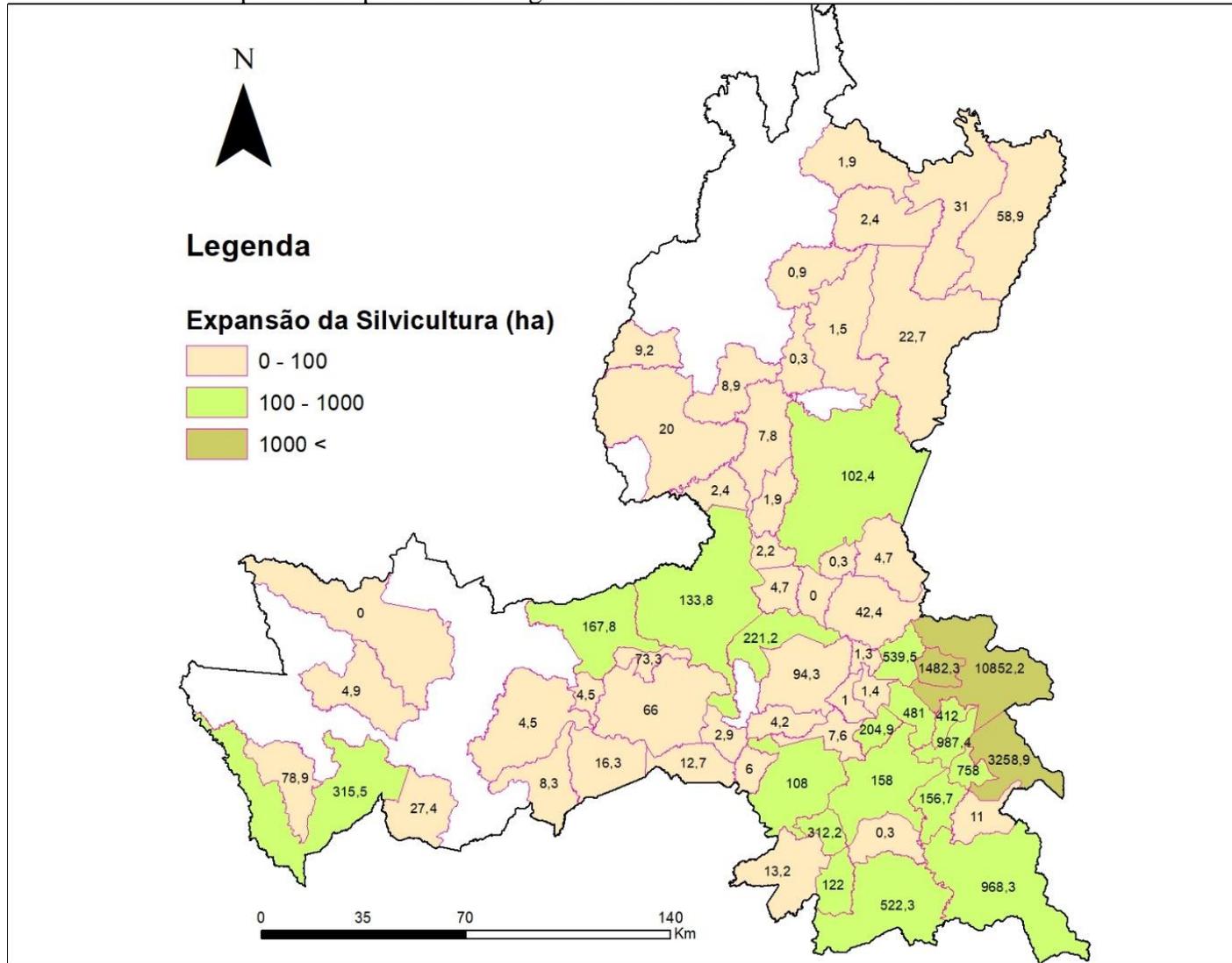
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE F: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião norte de Goiás – CENÁRIO AJUSTADO



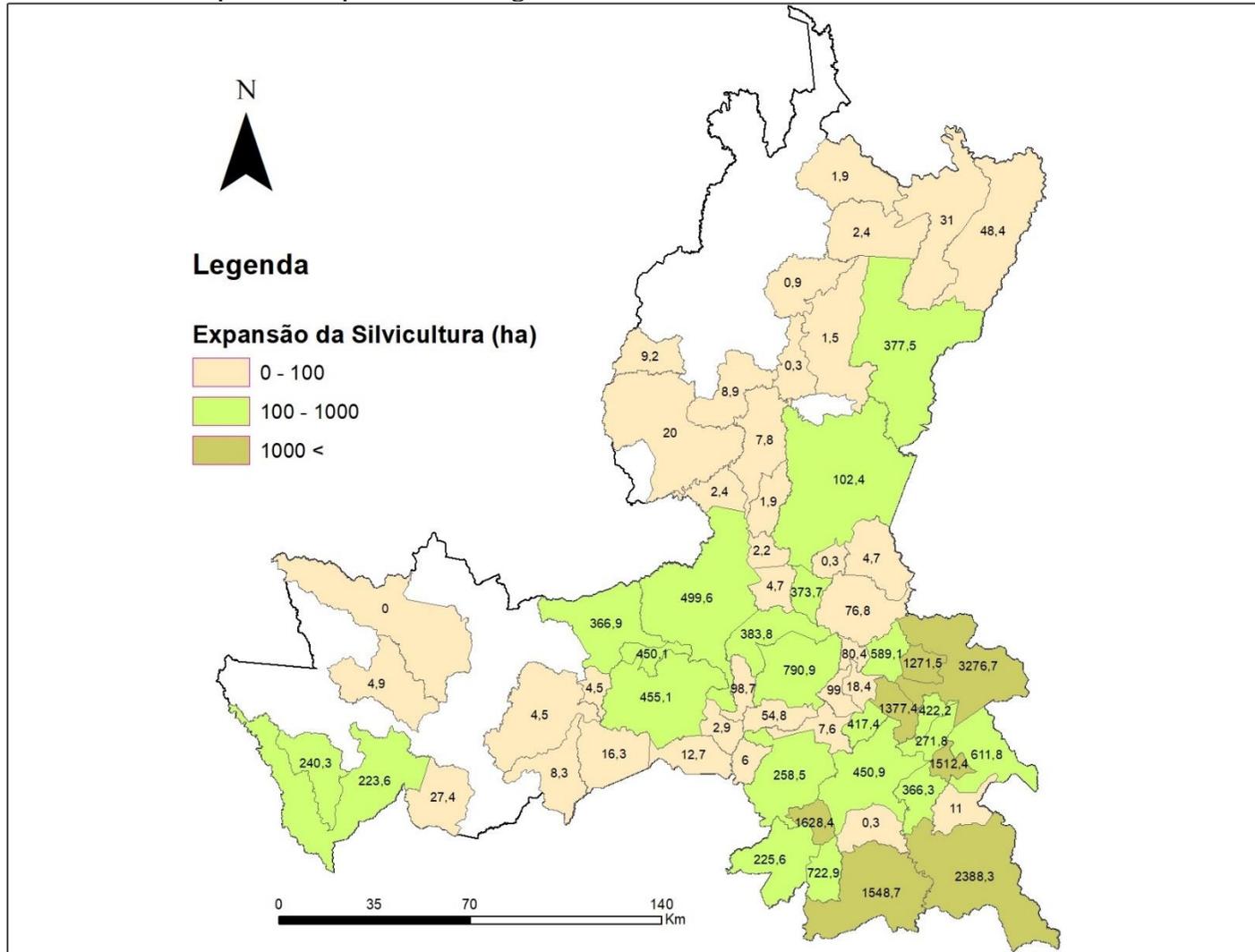
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE G: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião central de Goiás - CENÁRIO USUAL



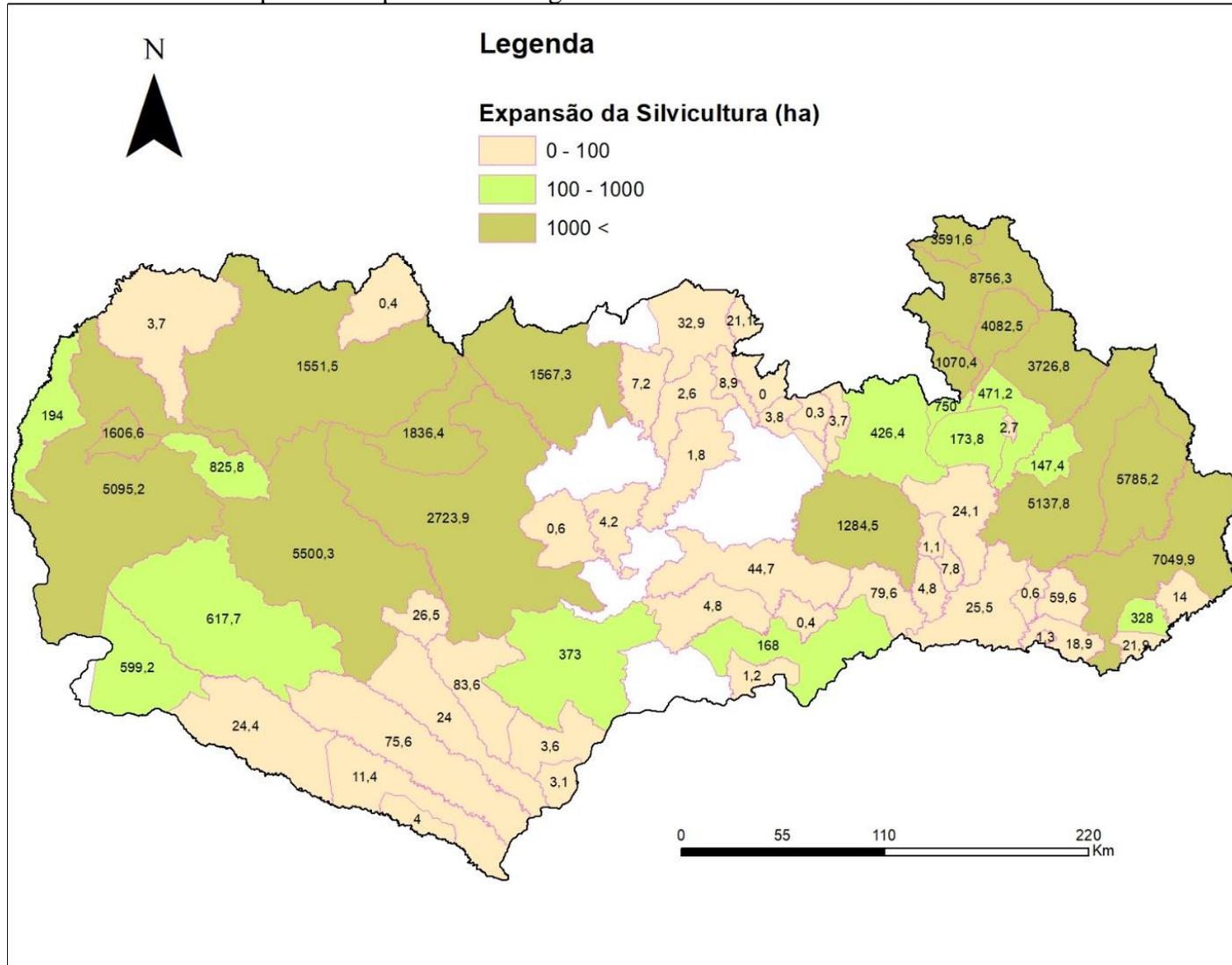
Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE H: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião central de Goiás - CENÁRIO AJUSTADO



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE I: Expansão estimada da silvicultura para 2030,
por município da mesorregião sul de Goiás – CENÁRIO USUAL



Fonte: Elaborado pelo autor

APÊNDICE K: Valores utilizados no cálculo da produtividade média da silvicultura dos anos de 2013, 2014 e 2015, por município de Goiás

Município	Produção de Madeira (m ³)			Produção de Lenha (m ³)			Total (m ³)	Média (m ³ /ano)	Área Silvicultura (ha)	Produtividade Média (m ³ /ha*ano)
	2013	2014	2015	2013	2014	2015				
Abadia de Goiás	1650	1800	0	9000	10200	80	22730	7576.67	128.05	59.17
Abadiânia	60000	60700	0	225000	240000	600	586300	195433.33	4868.68	40.14
Acreúna	0	0	0	27000	20000	1250	48250	16083.33		
Adelândia	0	0	0	0	0	210	210	70.00	18.63	3.76
Água Fria de Goiás	0	4550	33	0	36000	4901	45484	15161.33	472.96	32.06
Água Limpa	0	0	0	1500	0	750	2250	750.00	78.00	9.62
Águas Lindas de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.37	0.00
Alexania	38000	40000	0	190000	200000	64	468064	156021.33	1226.56	127.20
Aloândia	0	0	0	0	0	230	230	76.67		
Alto Horizonte	0	0	0	0	0	1200	1200	400.00		
Alto Paraíso de Goiás	6540	6000	35	64800	60000	1560	138935	46311.67	1615.74	28.66
Alvorada do Norte	0	0	0	0	0	2600	2600	866.67		
Amaralina	0	0	0	0	0	1300	1300	433.33		
Americano do Brasil	0	0	0	0	0	55	55	18.33	6.31	2.91
Amorinópolis	0	0	0	0	0	0	0	0.00	8.03	0.00
Anápolis	12200	12300	0	25000	25200	0	74700	24900.00	2029.35	12.27
Anhanguera	0	0	0	0	0	25	25	8.33	28.17	0.30
Anicuns	0	0	10	140000	0	240	140250	46750.00	537.39	87.00
Aparecida de Goiânia	0	0	0	200	0	226	426	142.00	4.77	29.77
Aparecida do Rio Doce	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1699.26	0.00
Aporé	0	0	0	0	0	0	0	0.00	304.22	0.00
Araçu	0	0	16	0	0	140	156	52.00		
Aragarças	0	0	0	0	0	1309	1309	436.33		

Aragoiania	200	160	0	900	830	440	2530	843.33	101.96	8.27
Araguapaz	0	0	0	0	0	600	600	200.00		
Arenópolis	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Aruana	0	0	0	0	0	4950	4950	1650.00		
Aurilândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Avelinópolis	0	0	0	0	0	190	190	63.33	35.67	1.78
Baliza	0	0	0	0	0	364	364	121.33	125.93	0.96
Barro Alto	0	0	0	750	5000	32	5782	1927.33	1190.40	1.62
Bela Vista de Goiás	550	500	0	16500	15000	0	32550	10850.00	1871.77	5.80
Bom Jardim de Goiás	0	0	0	0	0	9900	9900	3300.00		
Bom Jesus de Goiás	130	100	0	170	560	1770	2730	910.00	80.07	11.36
Bonfinópolis	200	100	0	500	400	0	1200	400.00	100.63	3.98
Bonópolis	0	0	0	0	0	2474	2474	824.67		
Brazabrantes	0	0	0	0	0	80	80	26.67	2.71	9.84
Britânia	0	0	0	0	0	1100	1100	366.67	316.90	1.16
Buriti Alegre	2000	1100	150	17500	9400	1800	31950	10650.00	559.91	19.02
Buriti de Goiás	0	0	0	0	0	350	350	116.67		
Buritinópolis	0	0	0	0	0	1650	1650	550.00		
Cabeceiras	0	0	170	0	0	20392	20562	6854.00		
Cachoeira Alta	2500	0	0	2500	0	0	5000	1666.67	650.62	2.56
Cachoeira de Goiás	0	0	0	0	0	787	787	262.33	566.20	0.46
Cachoeira Dourada	0	0	0	0	470	800	1270	423.33	11.70	36.19
Caçu	101	0	0	15000	1235	412	16748	5582.67	345.91	16.14
Caiapônia	0	0	0	0	0	650	650	216.67	106.79	2.03
Caldas Novas	0	0	0	6250	0	24500	30750	10250.00	361.05	28.39
Caldazinha	120	100	0	2000	2500	0	4720	1573.33	150.83	10.43

Campestre de Goiás	0	0	0	0	0	105	105	35.00	158.44	0.22
Campinacu	0	0	0	0	0	780	780	260.00		
Campinorte	0	0	0	500	0	12000	12500	4166.67	71.17	58.55
Campo Alegre de Goiás	50000	0	0	300000	770000	70	1120070	373356.67	5566.99	67.07
Campo Limpo De Goiás	14500	14600	0	47800	47875	0	124775	41591.67	551.41	75.43
Campos Belos	0	0	0	0	0	4000	4000	1333.33		
Campos Verdes	0	0	0	360	1550	3000	4910	1636.67		
Carmo do Rio Verde	0	0	0	0	0	500	500	166.67	30.59	5.45
Castelândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Catalão	115927	130000	0	227428	285000	250	758605	252868.33	11189.10	22.60
Caturai	0	0	0	0	0	0	0	0.00	36.67	0.00
Cavalcante	0	0	590	0	0	12025	12615	4205.00		
Ceres	0	0	700	0	0	0	700	233.33		
Cezarina	250	230	0	1300	1020	400	3200	1066.67	69.29	15.39
Chapadão do Céu	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1303.46	0.00
Cidade Ocidental	0	0	0	1300	0	0	1300	433.33	1025.18	0.42
Cocalzinho de Goiás	3200	3300	0	11700	11680	0	29880	9960.00	590.10	16.88
Colinas do Sul	0	0	0	0	0	1600	1600	533.33	54.87	9.72
Córrego do Ouro	0	0	0	0	0	460	460	153.33		
Corumba de Goiás	35000	35400	0	105000	115000	450	290850	96950.00	990.63	97.87
Corumbaiba	0	0	0	20000	0	200	20200	6733.33	405.69	16.60
Cristalina	0	0	0	39120	38000	0	77120	25706.67	6530.00	3.94
Cristianopolis	0	0	0	2200	1900	230	4330	1443.33	603.85	2.39
Crixás	0	0	50	0	0	7500	7550	2516.67	5.78	435.57
Crominia	0	0	0	680	0	0	680	226.67	0.47	482.60
Cumari	0	0	0	12522	36000	100	48622	16207.33	267.67	60.55

Damianópolis	0	0	0	0	0	2400	2400	800.00		
Damolândia	0	0	0	0	0	70	70	23.33	19.00	1.23
Davinópolis	0	0	0	7200	250	30	7480	2493.33	112.89	22.09
Diorama	0	0	0	0	0	210	210	70.00	220.66	0.32
Divinópolis de Goiás	0	0	0	0	0	0	3900	1300.00	1.19	1090.54
Doverlândia	0	0	0	0	0	2800	0	0.00	121.04	0.00
Edealina	0	0	0	820	8000	180	2800	933.33		
Edéia	0	0	0	0	0	1387	9000	3000.00	8.03	373.61
Estrela do Norte	0	0	0	42000	0	1000	1387	462.33	69.45	6.66
Faina	0	0	0	0	0	0	43000	14333.33	166.03	86.33
Fazenda Nova	0	0	0	0	0	0	0	0.00	3.04	0.00
Firminópolis	0	0	634	0	0	13995	0	0.00	76.55	0.00
Flores de Goiás	3034	2890	1676	25228	23800	26763	14629	4876.33	131.73	37.02
Formosa	0	0	0	0	0	829	83391	27797.00	1040.49	26.72
Formoso	1200	1000	0	25000	20000	850	829	276.33	0.40	687.34
Gameleira de Goiás	0	0	0	0	0	3900	48050	16016.67	1307.98	12.25
Goianápolis	3200	3400	0	14000	14100	40	34740	11580.00	62.13	186.38
Goiandira	0	0	0	17500	45000	40	62540	20846.67	301.45	69.15
Goianesia	0	0	0	500	4500	168	5168	1722.67	697.19	2.47
Goiânia	0	0	0	0	0	0	0	0.00	0.67	0.00
Goianira	0	0	0	0	0	55	55	18.33	306.57	0.06
Goiás	0	0	0	3000	0	8000	11000	3666.67	209.28	17.52
Goiatuba	200	150	0	7300	6700	2800	17150	5716.67	22.10	258.73
Gouvelândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Guapo	850	700	0	1800	800	400	4550	1516.67	124.73	12.16
Guaraita	0	0	100	0	0	700	800	266.67		

Guarani de Goiás	0	0	0	0	0	4000	4000	1333.33		
Guarinos	0	0	0	0	0	500	500	166.67		
Heitorai	0	0	0	0	0	0	0	0.00	55.85	0.00
Hidrolândia	400	300	0	2000	1100	280	4080	1360.00	724.06	1.88
Hidrolina	0	0	0	0	0	2200	2200	733.33	8.48	86.43
Iaciara	0	0	0	0	0	4200	4200	1400.00		
Inaciolândia	0	0	0	0	0	680	680	226.67		
Indiara	800	360	0	800	300	100	2360	786.67	7.05	111.59
Inhumas	0	0	19	0	0	378	397	132.33	241.05	0.55
Ipameri	200000	400000	0	210000	287000	10000	1107000	369000.00	13040.41	28.30
Ipiranga de Goiás	0	0	0	0	0	400	400	133.33		
Iporá	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Israelândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00	86.80	0.00
Itaberaí	0	0	0	50000	0	450	50450	16816.67	1022.63	16.44
Itaguari	0	0	50	0	0	190	240	80.00	2.72	29.42
Itaguaru	0	0	32	0	0	200	232	77.33	11.98	6.45
Itajá	0	0	0	0	0	0	0	0.00	184.58	0.00
Itapaci	0	0	100	0	0	2200	2300	766.67		
Itapirapuã	0	0	0	0	0	800	800	266.67	58.79	4.54
Itapuranga	0	0	420	165000	165000	5000	335420	111806.67	109.54	1020.68
Itarumã	0	0	0	15000	7150	0	22150	7383.33	2663.02	2.77
Itauçu	0	0	0	4000	0	46	4046	1348.67	23.13	58.31
Itumbiara	360	300	170	13600	10000	1700	26130	8710.00	697.62	12.49
Ivolândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1391.42	0.00
Jandaia	420	320	0	600	480	200	2020	673.33	74.40	9.05
Jaraguá	0	0	0	5300	6500	1627	13427	4475.67	1182.51	3.78

Jataí	0	0	0	0	0	100	100	33.33	2881.29	0.01
Jaupaci	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Jesópolis	0	0	0	200	1000	0	1200	400.00	0.62	644.18
Joviania	80	0	0	700	290	460	1530	510.00		
Jussara	0	0	0	0	0	4000	4000	1333.33	6867.44	0.19
Lagoa Santa	0	0	0	0	0	0	0	0.00	82.34	0.00
Leopoldo de Bulhões	0	0	0	17000	15000	450	32450	10816.67	850.72	12.71
Luziania	0	0	0	0	140000	1427	141427	47142.33	5472.08	8.62
Mairipotaba	0	0	0	0	0	150	150	50.00	27.94	1.79
Mambaí	0	0	0	0	0	3750	3750	1250.00		
Mara Rosa	0	0	0	0	0	5500	5500	1833.33	4.70	390.15
Marzagão	0	0	0	0	0	300	300	100.00	61.62	1.62
Matrinchã	0	0	0	0	0	0	0	0.00	82.37	0.00
Maurilândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Mimoso de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	14.45	0.00
Minaçu	0	0	0	0	0	923	923	307.67	7.34	41.89
Mineiros	0	0	0	0	0	7400	7400	2466.67	4657.78	0.53
Moiporã	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Monte Alegre de Goiás	0	0	0	0	0	9800	9800	3266.67	200.23	16.31
Montes Claros de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	169.34	0.00
Montividiu	0	0	0	40000	30000	0	70000	23333.33	8.15	2861.24
Montividiu do Norte	0	0	0	0	0	4560	4560	1520.00	4.24	358.55
Morrinhos	0	0	0	32500	36300	54000	122800	40933.33	881.58	46.43
Morro Agudo de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	149.70	0.00
Mossâmedes	0	0	0	10000	16500	700	27200	9066.67	149.99	60.45
Mozarlândia	0	0	0	35000	0	0	35000	11666.67		

Mundo Novo	0	0	0	0	0	400	400	133.33	218.72	0.61
Mutunópolis	0	0	0	0	0	2584	2584	861.33		
Nazário	0	0	0	0	0	140	140	46.67	171.16	0.27
Nerópolis	7000	7300	0	23000	22700	4	60004	20001.33	29.28	683.07
Niquelândia	100	3950	100	183000	217240	15000	419390	139796.67	10415.00	13.42
Nova America	0	0	160	0	0	430	590	196.67		
Nova Aurora	0	0	0	0	0	50	50	16.67	1.45	11.46
Nova Crixas	0	0	0	0	0	4500	4500	1500.00	533.68	2.81
Nova Gloria	0	0	0	0	0	390	390	130.00	5.20	24.98
Nova Iguaçu de Goiás	0	0	0	0	0	1600	1600	533.33		
Nova Roma	0	0	0	0	0	2800	2800	933.33		
Nova Veneza	0	0	0	0	0	50	50	16.67	9.95	1.68
Novo Brasil	0	0	0	0	0	350	350	116.67		
Novo Gama	0	0	0	0	0	0	0	0.00	184.62	0.00
Novo Planalto	0	0	0	0	0	1005	1005	335.00		
Orizona	600	500	0	14000	12000	680	27780	9260.00	571.51	16.20
Ouro Verde De Goiás	6500	6800	0	46000	45700	0	105000	35000.00	185.90	188.27
Ouvidor	0	0	0	0	84000	100	84100	28033.33	958.05	29.26
Padre Bernardo	0	300	0	0	12500	0	12800	4266.67	1182.75	3.61
Palestina de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	2.77	0.00
Palmeiras de Goiás	600	0	0	12000	4200	240	17040	5680.00	239.49	23.72
Palmelo	0	0	0	540	500	0	1040	346.67	30.47	11.38
Palminópolis	0	0	0	3000	900	120	4020	1340.00		
Panama	0	0	0	0	0	170	170	56.67	2.90	19.52
Paranaiguara	11	0	0	15000	5200	0	20211	6737.00	154.12	43.71
Paraúna	0	0	0	147000	84000	0	231000	77000.00	2514.70	30.62

Perolândia	0	0	0	0	0	100	100	33.33		
Petrolina de Goiás	0	0	0	600	2500	8	3108	1036.00	309.78	3.34
Pilar de Goiás	0	0	200	0	0	900	1100	366.67		
Piracanjuba	3000	6000	0	21000	14000	3000	47000	15666.67	871.08	17.99
Piranhas	0	0	0	0	0	2488	2488	829.33	40.95	20.25
Pirenópolis	10000	10140	0	26000	26800	1493	74433	24811.00	563.45	44.03
Pires do Rio	1400	1500	0	25000	28500	780	57180	19060.00	675.44	28.22
Planaltina	0	0	326	0	0	7144	7470	2490.00	723.68	3.44
Pontalina	0	0	0	2500	4100	0	6600	2200.00	1.06	2078.96
Porangatu	0	0	0	0	0	1951	1951	650.33	25.65	25.35
Porteirão	0	0	0	0	0	115	115	38.33		
Portelândia	0	0	0	0	0	700	700	233.33	67.24	3.47
Posse	0	0	0	0	0	7200	7200	2400.00		
Professor Jamil	0	0	0	0	0	500	500	166.67	23.44	7.11
Quirinópolis	0	0	0	14000	0	0	14000	4666.67	225.80	20.67
Rialma	0	0	130	0	0	320	450	150.00	3.92	38.25
Rianópolis	0	0	0	0	0	300	300	100.00		
Rio Quente	0	0	0	2300	0	18000	20300	6766.67	10.99	615.67
Rio Verde	0	0	0	1328000	870000	1950	2199950	733316.67	11397.63	64.34
Rubiataba	0	0	90	0	0	420	510	170.00		
Sanclerlândia	0	0	0	0	0	450	450	150.00		
Santa Barbara de Goiás	0	0	0	0	0	95	95	31.67	52.66	0.60
Santa Cruz de Goiás	0	0	0	6800	7800	850	15450	5150.00	723.67	7.12
Santa Fé de Goiás	0	0	0	0	0	800	800	266.67		
Santa Helena de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	2.24	0.00
Santa Isabel	0	0	100	0	0	280	380	126.67	8.86	14.29

Santa Rita do Araguaia	0	0	0	0	0	820	820	273.33	2511.90	0.11
Santa Rita do Novo Destino	0	0	50	200	1500	80	1830	610.00	1343.24	0.45
Santa Rosa de Goiás	0	0	0	80	300	0	380	126.67	1.74	72.97
Santa Tereza de Goiás	0	0	0	0	0	2697	2697	899.00	346.99	2.59
Santa Terezinha de Goiás	0	0	0	0	0	5500	5500	1833.33	5.66	323.94
Santo Antônio da Barra	0	0	0	6300	3200	0	9500	3166.67		
Santo Antônio de Goiás	0	0	0	0	0	25	25	8.33	121.55	0.07
Santo Antônio do Descoberto	0	0	0	0	0	0	0	0.00	1231.42	0.00
Sao Domingos	0	0	0	0	0	7000	7000	2333.33	155.99	14.96
Sao Francisco De Goiás	0	0	0	650	1500	90	2240	746.67	45.94	16.25
São João D'Alianca	2507	2300	331	49680	46000	8988	109806	36602.00	1810.45	20.22
São João da Parauna	300	180	0	800	240	100	1620	540.00		
São Luis de Montes Belos	0	0	0	0	0	42	42	14.00	63.39	0.22
São Luiz do Norte	0	0	0	0	0	2298	2298	766.00	2.05	373.77
São Miguel do Araguaia	0	0	0	0	0	1902	1902	634.00		
São Miguel do Passa Quatro	2200	2000	0	13000	15000	300	32500	10833.33	542.03	19.99
São Patrício	0	0	0	0	0	420	420	140.00		
São Simão	0	0	0	5000	1630	0	6630	2210.00	139.54	15.84
Senador Canedo	0	0	0	3500	3000	0	6500	2166.67	226.17	9.58
Serranópolis	0	0	0	0	0	21	21	7.00	4692.55	0.00
Silvania	3000	3500	0	65000	90000	250	161750	53916.67	3062.78	17.60
Simolândia	0	0	0	0	0	2200	2200	733.33	6.34	115.74
Sítio D'Abadia	0	0	0	0	0	3300	3300	1100.00	561.21	1.96
Taquaral de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00	34.82	0.00
Teresina de Goiás	0	0	65	0	0	1732	1797	599.00		
Terezópolis de Goiás	2900	3000	0	6800	7000	35	19735	6578.33	176.28	37.32

Três Ranchos	0	0	0	14000	42679	40	56719	18906.33	203.53	92.89
Trindade	0	0	95	0	0	500	595	198.33	173.79	1.14
Trombas	0	0	0	0	0	630	630	210.00	2.53	82.92
Turvania	0	0	0	0	0	160	160	53.33	215.80	0.25
Turvelândia	0	0	0	0	0	0	0	0.00	19.07	0.00
Uirapuru	0	0	20	0	0	2200	2220	740.00		
Uruaçu	0	2370	0	0	0	6000	8370	2790.00	3.96	704.73
Uruana	0	0	0	0	0	320	320	106.67	44.10	2.42
Urutaí	2500	2000	0	30000	31000	850	66350	22116.67	741.77	29.82
Valparaiso de Goiás	0	0	0	0	0	0	0	0.00		
Varjão	0	0	0	800	600	200	1600	533.33		
Vianópolis	1800	2000	0	28000	33500	203	65503	21834.33	598.28	36.50
Vicentinópolis	150	120	0	1200	0	1100	2570	856.67		
Vila Boa	0	0	60	0	0	3024	3084	1028.00	79.98	12.85
Vila Propício	0	0	1	2500	4000	400	6901	2300.33	1287.10	1.79

Fonte: Dados censitários do IBGE; Mapeamento uso e cobertura do solo (Cabral, 2017).