



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
INSTITUTO DE ESTUDOS SOCIOAMBIENTAIS
Programa de Pós-Graduação em Geografia

HELLBIA SAMARA M. DE CARVALHO RODRIGUES

**A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇUCAR NA MICRORREGIÃO DO
VALE DO RIO DOS BOIS - GOIÁS**

GOIÂNIA

2014

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS (TEDE) 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), 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

Autor (a):	Hellbia Samara Moreira de Carvalho Rodrigues				
E-mail:	Hellbiageografia1@gmail.com				
Seu e-mail pode ser disponibilizado na página? ☒ Sim ☐ Não					
Vínculo empregatício do autor					
Agência de fomento:			Sigla:		
País:	Brasil	UF:		CNPJ:	
Título:	Expansão da Cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos Bois – Goiás				
Palavras-chave:	Expansão, Cerrado, Análise Ambiental.				
Título em outra língua:	Expansion of Sugar Cane in the Microregion of Vale do Rio dos Bois - Goiás				
Palavras-chave em outra língua:	Expansion, Cerrado, Enviromental analysis				
Área de concentração:	Natureza e Produção do Espaço				
Data defesa:	Agosto	2014			
Programa de Pós-Graduação:	Programa de Pós-Graduação em Geografia				
Orientador (a):	Selma Simões de Castro				
E-mail:	Selma.castro@uol.com.br				
Co-orientador (a)*					
E-mail:					

*Necessita do CPF quando não constar no SisPG

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 ou DOC da tese ou dissertação.

O sistema da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações garante aos autores, que os arquivos contendo eletronicamente as teses e ou dissertações, antes de sua disponibilização, receberão procedimentos de segurança, criptografia (para não permitir cópia e extração de conteúdo, permitindo apenas impressão fraca) usando o padrão do Acrobat.

Assinatura do (a) autor (a)

Data: ____ / ____ / ____

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.

HELLBIA SAMARA M. DE CARVALHO RODRIGUES

**A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR NA MICRORREGIÃO DO
VALE DO RIO DOS BOIS - GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio-Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção de título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: Natureza e Produção do Espaço

Orientadora: Prof^a. Dra Selma Simões de Castro

GOIÂNIA

2014

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Samara Moreira de Carvalho Rodrigues, Hellbia
Expansão da Cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos
Bois [manuscrito] / Hellbia Samara Moreira de Carvalho Rodrigues. -
2014.
118 f.: il.

Orientador: Profa. Dra. Selma Simões de Castro.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Instituto de
Estudos Socioambientais (Iesa) , Programa de Pós-Graduação em
Geografia, Goiânia, 2014.
Bibliografia. Anexos.
Inclui siglas, lista de figuras, lista de tabelas.

1. Expansão. 2. Cerrado. 3. Análise Ambiental. I. Simões de Castro,
Selma, orient. II. Título.

HELLBIA SAMARA M. DE CARVALHO RODRIGUES

A EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇUCAR NA MICRORREGIÃO DO VALE DO RIO DOS BOIS - GOIÁS

Dissertação apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Geografia do Instituto de Estudos Sócio - Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para a obtenção do grau de Mestre, aprovada em sete de agosto de 2014, pela Banca Examinadora constituída pelos seguintes professores:

PROF^a. DR^a. SELMA SIMÕES DE CASTRO
Orientadora

PROF^a. DR^a. KARLA MARIA SILVA DE FARIA

PROF. DR. TADEU ALENCAR ARRAIS

PROF. DR. LUIS FELIPE SOARES CHEREM

Dedico à Deus, pois sei profundamente que foi possível por que ele concedeu essa benção. Conhecendo-me como sei que ele me conhece, sabia o quão profundo era esse sonho, assim como o quanto me empenhei para conquistar.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a quem sempre confio meus sonhos, que intimamente me conhece, aprendo sempre em seus ensinamentos formas de percorrer bons caminhos, superar dificuldades, e sobretudo perseverar.

Aos meus pais exemplo de dedicação à família, pessoas honestas e trabalhadoras, e mesmo que as vezes distantes mas sempre constantes nas preocupações, no amor e no cuidado. Aos meus irmãos, que sempre me incentivavam nos meus estudos, me davam carinho e sobretudo acreditavam em mim.

Ao meu esposo Leandro que esteve ao meu lado em mais essa etapa, passando por todas as dificuldades, suportando meus momentos de grande ansiedade, e sempre feliz pelo caminho que escolhi trilhar. E ao meu filho Cristhian, sempre com um sorriso maravilhoso que me enche de força e alegria para seguir em frente, foram muitas as vezes que me encontrei cansada e ele me mostrava que eu ainda tinha muita coisa boa pra proporcionar.

Á Prof^a. Dr^a. Selma Simões de Castro, que me ensinou a pesquisar proporcionando uma experiência indescritível como profissional que me tornei com habilidade de pesquisar e pensar cientificamente. Um exemplo de profissional e pessoa que me acolheu como estudante iniciante, (iniciante mesmo) que queria aprender a pesquisar, que se encantava pela temática de impactos ambientais. A professora foi generosa, acessível e dedicada. Eternamente serei grata!

Às minhas queridas amigas de laboratório que tanto me ajudaram: Prof^a. Dr^a. Karla Maria S. de Faria, que acompanha minha trajetória desde a graduação e sempre me ajuda imensamente; a Mariana Siqueira minha equipe de campo, parceira de laboratório e uma grande amiga que ganhei; minha irmã de mestrado Joildes Brasil, caminhamos o mestrado juntas, dividindo as alegrias e dificuldades acadêmicas, mostrou-se sempre uma atenciosa amiga.

Aos queridos professores do Laboratório de Geomorfologia, Pedologia e Geografia Física (LABOGEF), sempre se mostraram atenciosos e prestativos. Aos estagiários (as), colegas de laboratório que colaboraram direta e indiretamente com a pesquisa.

À minha querida sogra Eleuza por todo auxílio e carinho nessa jornada. Assim como aos meus familiares e amigos que distanciei nesta etapa, e mesmo na distância sei que torceram por mim e eu por eles.

Aos Professores Dr^o. Ivanilton José de Oliveira e Dr^o. Tadeu Arrais pela assistência prestada quando coordenador e vice-coordenador. Aos técnicos administrativos por toda a assistência e presteza.

“[...] Sofreu muito neste período?
Foi aprendizado.
[...] Onde quer chegar? Ir alto?...
...sonhe alto... Queira o melhor do melhor...
Se pensamos pequeno... Coisas pequenas teremos...
Mas se desejamos fortemente o melhor...
PRINCIPALMENTE LUTAMOS PELO
MELHOR...
O melhor vai se instalar em nossa vida.
Por que sou do tamanho daquilo que vejo,
E não do tamanho da minha altura.”

CARLOS DRUMMOND DE ANDRADE

RESUMO

No Brasil a intensificação dos debates internacionais no século XXI sobre a produção de energia limpa e renovável enfatiza a expansão da cana-de-açúcar, matéria prima para a produção do biocombustível etanol, considerado menos poluente. A expansão recente da cana no Brasil tem como área alvo o Centro – Sul do Bioma Cerrado, principalmente em terras antes ocupadas por grãos, algodão e pastagens e vem induzindo mudança acelerada do uso das terras, preocupando, dentre outros aspectos, pelos impactos ambientais relacionados. Desde final dos anos de 1990, em especial após 2000, a cana vem expandindo rapidamente sobre áreas antes cultivadas com outras culturas, sobretudo grãos, além de pastagens e aumentando o número de usinas. A mesorregião sul do estado de Goiás, preferida para essa rápida expansão canavieira atual, sobretudo as microrregiões de Quirinópolis, do Sudoeste, do Vale do Rio dos Bois (MRVRB), está cultivando cana desde a década de 1970 quando foi favorecida pelo Proálcool-Programa do Alcool, política pública federal que estimulou a produção de veículos movidos a álcool e que vigorou de 1975 a 1979, uma nova e recente expansão da cana foi iniciada em meados de 2004. A pesquisa tem por objetivo avaliar a expansão da monocultura da cana-de-açúcar na MRVRB de 1985 a 2013, de modo a esclarecer as causas desse processo recente e avaliar os seus impactos diretos e indiretos, com ênfase nas áreas de preservação permanente. A metodologia baseou-se em interpretação de imagens de satélite dos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013, e em interpretação de mapas do meio físico através de análise integrada que permitiram a elaboração dos mapas de aptidão agrícola e a identificação das áreas com restrições ao cultivo da cana-de-açúcar. Conclui-se que no período considerado a MRVRB revelou o padrão recente de substituição de áreas de grãos e posteriormente pastos, além de áreas remanescentes do Cerrado, consideradas áreas de preservação permanente (APP), ainda que em menor proporção. A menor expansão foi atribuída às limitações edáficas e de relevo (topografia) que, conjugadas e associadas à oferta logística, explicariam sua não liderança estadual na expansão recente da cultura canavieira.

Palavras-chave: expansão, cerrado, análise ambiental.

ABSTRACT

In Brazil the intensification of international discussions in the 21st century on the production of clean and renewable energy emphasizes the expansion of sugar cane, raw material for the production of biofuel ethanol, considered to be less polluting. The recent expansion of sugar cane in Brazil has as target area the Center - South of the Cerrado Biome, mainly in land before occupied by grain, cotton and pastures and comes inducing accelerated change of land use, worrying about, among other aspects, by the environmental impacts related. Since the late 1990, especially after 2000, the cane has been expanding rapidly on areas before cultivated areas with other cultures, especially grains, in addition to pastures and increasing the number of plants. The mesoregion south of the state of Goiás, preferred for this rapid expansion of current, especially the sugar cane microregions of Quirinópolis, Southwest, of Vale do Rio dos Bois (MRVRB), is cultivates cane since the decade of 1970, when it was favored by Proálcool - Program of Alcohol, public policy federal that stimulated the production of vehicles powered by alcohol and which ran from 1975 to 1979; a new and recent expansion of cane was initiated in mid 2004. The research aims to assess the expansion of the monoculture of sugar cane in MRVRB 1985 to 2013, in order to clarify the causes of the recent process and assess its direct and indirect impacts, with emphasis in the areas of permanent preservation. The methodology was based on the interpretation of satellite images in the years 1985, 1995, 2005, 2010 and 2013, and in the interpretation of maps the physical environment through integrated analysis that have led to the drafting of the maps of suitability agricultural and the identification of areas with restrictions to the cultivation of sugar cane. It is concluded that in the period considered the standard MRVRB I have recent replacement of areas of grain and subsequently pastures besides remaining areas of Cerrado, considered to be Areas of Permanent Preservation (APP), albeit at a lower proportion. The lower expansion was assigned to the edaphic limitations and relief (topography), which together and associated to offer logistics, explain its leadership not in recent expansion of the sugarcane plantation.

Keywords: expansion, Cerrado, environmental analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – Goiás.....	21
Figura 2. Localização das Usinas mistas produtoras de álcool e açúcar.....	22
Figura 3. Usina Tropical Bioenergia S/A.....	23
Figura 4. Destilaria Nova União – DENUSA.....	24
Figura 5. Usina Nova Galia.....	25
Figura 6. Usina Vale do Verdão.....	26
Figura 7. Geomorfologia da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – Goiás.....	29
Figura 8. Declividade da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.....	30
Figura 9. Rede de Drenagem da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás....	31
Figura 10. Solos da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.....	32
Figura 11. Erodibilidade da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.....	34
Figura 12. Localização geográfica dos pontos validados na MRVRB - Goiás.....	58
Figura 13. Etapa para análise dos mapas de uso do solo e remanescentes do Cerrado no software Fragstats.....	61
Figura 14. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -1985.....	63
Figura 15. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -1995.....	64
Figura 16. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -2005.....	65
Figura 17. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -2010.....	66
Figura 18. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -2013.....	67
Figura 19. Frequência temporal de uso do solo e remanescentes do Cerrado da MRVRB.....	68
Figura 20. Cultivo de Cana-de-açúcar em área de Latossolos na Microrregião do Vale do Rio dos Bois.....	74
Figura 21. Comparativo histórico de área colhida de Soja e Cana-de-açúcar da MRVRB.....	75
Figura 22. Comparativo histórico de Quantidade Produzida (T) de Soja e Cana-	

de-açúcar da MRVRB.....	76
Figura 23. Área de cultivo de cana-de-açúcar com rotação de soja.....	77
Figura 24. Formação Campestre circundando um lago.....	78
Figura 25. Variância do tamanho médio do fragmento da classe gricultura nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	80
Figura 26. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Pastagem nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	80
Figura 27. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Área Urbana nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	81
Figura 28. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Cana-de-açúcar nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	81
Figura 29. Variância do tamanho médio do fragmento da classe formação Florestal na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	82
Figura 30. Variância do tamanho médio do fragmento da classe formação Savânica nos anos de 1985,1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	82
Figura 31. Variância do tamanho médio do fragmento da classe formação Campestre nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.....	83
Figura 32. Compartimentação Morfopedológica da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – Goiás com indicação dos eixos topográficos representativos de cada compartimento.....	89
Figura 33. Perfil topográfico do CMP-I.....	90
Figura 34. Perfil topográfico do CMP-II.....	90
Figura 35. Perfil topográfico do CMP-III.....	91
Figura 36. Perfil topográfico do CMP-IV.....	91
Figura 37. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado – Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) – 1985.....	93
Figura 38. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da microrregião do Vale do Rio dos Bois 2010.....	94

Figura 39. Comparativo do uso das terras de 1985 e 2010.....	95
Figura 40. Aptidão Agrícola da Microrregião do Vale do Rio dos Bois.....	96
Figura 41. ZAE – Aptidão Agrícola para Cultivo de Cana-de-açúcar.....	98
Figura 42. Mapa de uso e cobertura da terra de 2010 da microrregião de Quirinópolis, Goiás.....	99
Figura 43. Uso do Solo nas Áreas de Preservação Permanente de Drenagens da Microrregião do Vale do Rio dos Bois- GO (2005)	102
Figura 44. Uso do Solo nas Áreas de Preservação Permanente de Drenagens da Microrregião do Vale do Rio dos Bois- GO (2013)	103
Figura 45. Comparativo das Áreas de Preservação Permanente da MRVRB (2005/2013).....	105
Figura 46. Comparativo Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado (2005/2013) ..	106

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Evolução das métricas de área de classe (CA) e porcentagem da área de classe (PLAND) para os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.....	68
Tabela 2. Evolução temporal do número de fragmentos de acordo com os tamanhos dos mesmos nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na MRVRB...	69
Tabela 3. Evolução temporal da área dos fragmentos menores que 1ha, de 1 à 10ha, de 10,1 à 50ha, de 50,1 à 100ha e maiores que 100ha nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na MRVRB.....	70
Tabela 4. Índices de paisagens da MRVRB, com valores das métricas de conectividade, isolamento e área de borda por classe de uso do solo e remanescentes do Cerrado de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.....	84
Tabela 5. Compartimentos Morfopedológicos da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – GO.....	89
Tabela 6. Áreas de Aptidão Agrícola para Cultivo de Cana segundo o ZAE.....	98
Tabela 7. Comparativo de APPs de Redes de Drenagem da MRVRB 2005/2013.....	104

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Usinas na Microrregião do Vale do Rio dos Bois, no estado de Goiás ..	22
Quadro 2. Evolução da área cultivada com cana-de-açúcar na microrregião do Vale do Rio dos Bois, estado de Goiás entre 1980 e 2009.....	27
Quadro 3. Evolução da Produção e Produtividade da Cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos Bois, estado de Goiás entre 1980 e 2009.....	27
Quadro 4. Classes de Erodibilidade.....	53
Quadro 5. Chave de interpretação adotada para classificação da imagem.....	54
Quadro 6. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras	56
Quadro 7. Simbologia da classificação da aptidão agrícola das terras.....	56
Quadro 8. Descrição das métricas de paisagem de acordo com sua categoria.....	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

SRA – Superfície Regional de Aplainamento

GEE - Gases de Efeito Estufa

IAA - Açúcar e do Alcool

PROALCOOL - Programa do Alcool

PNA - O Plano Nacional de Agroenergia

MRVRB – Microrregião do Vale do Rio dos Bois

II PND - II Plano Nacional de Desenvolvimento

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

POLOCENTRO – Programa de Desenvolvimento das Áreas de Cerrado

PRODECER – Programa de Cooperação Nipo-Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados

EMGOPA – Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária

ZAE - Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar no território brasileiro

IAC – Instituto Agrônomo de Campinas

CTC – Centro de Tecnologia Canavieira

RIDESA – Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro

DF – Distrito Federal

MRQ – Microrregião de Quirinópolis

CMP – Compartimento Morfológico

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE FIGURA.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INTRODUÇÃO.....	17
CAPÍTULO I – As Usinas e os Condicionantes do Meio Físico Para a Expansão Canavieira na MRVRB.....	21
1.1 Localização da Microrregião do Vale do Rio dos Bois.....	21
1.2 O Meio Físico, os Solos e sua Erodibilidade como Condicionantes da Expansão da Cana-de-açúcar.....	28
CAPÍTULO II – Fundamentos da Pesquisa.....	36
2.1 Microrregião do Vale do Rio dos Bois: Aspectos Históricos do Processo de Transformação do Espaço Goiano.....	36
2.2 Expansão e a Questão Ambiental da Monocultura da Cana-de-açúcar.....	42
2.2.1 Cana-de-açúcar: Origem e Ambientes de Produção.....	42
2.2.2 Processo Histórico da Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar no Brasil	43
2.2.3 Cana-de-açúcar e a Crise Ambiental.....	46
2.2.4 A Paisagem como Subsídio à Análise das Mudanças Têmporo-Espacial.....	48
CAPÍTULO III – Metodologia da Pesquisa.....	52
3.1 Produção Cartográfica.....	52
3.2 Validação dos Dados em Campo.....	57
3.3 Métricas da Paisagem.....	58
3.4 Tratamento Estatístico dos Dados.....	61
3.5 Análise dos Resultados.....	61
CAPÍTULO IV – Análise Têmporo-espacial da Expansão da Cana-de-açúcar, os Impactos de Uso Ocupação dos Solos e os Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – Goiás.....	62
4.1 Dinâmica Têmporo-espacial da Expansão da Cana-de-açúcar, Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado – Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO)	62

4.2 A Fragmentação da Paisagem na Área de Expansão de Cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos Bois.....	80
4.3 Compartimentação Morfopedológica da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – GO.....	88
4.4 Análise Comparada entre a Expansão da Cana-de-açúcar e a Aptidão Agrícola das Terras.....	92
4.5 Avaliação das Áreas de Preservação Permanente e suas Relações com a Expansão da Cana-de-açúcar.....	100
CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	107
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	111
ANEXOS.....	118

INTRODUÇÃO

A emergência da degradação ambiental no século XXI traz à tona a necessidade mundial de produção de energia limpa. Não é de hoje que cientistas alertam sobre a poluição produzida por combustíveis fósseis, como os derivados do petróleo, que são recursos finitos, fazendo-se necessário encontrar outras fontes alternativas. A problemática bem conhecida no presente está relacionada às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE), originada da queima de combustíveis fósseis, destacada cada vez mais como causadora do aquecimento global nos últimos cerca de 300 anos, em especial dos últimos 100 (GOES, et al. 2008).

Em decorrência da primeira grande crise global do petróleo do século passado, no início dos anos de 1970 o Brasil já desenvolvera tecnologia para a produção de álcool combustível originado da cana-de-açúcar, o etanol, com fortes subsídios do Estado e contando com instituições de apoio, como Instituto do Açúcar e do Alcool (IAA), e o Programa do Alcool – (PROALCOOL) que vigorou de 1975 a 1979. Porém, mudanças no cenário do petróleo, e crises de abastecimento de álcool e problemas técnicos com os motores levaram ao corte dos subsídios, período conhecido como de desregulamentação do setor, e a um longo período de crescimento lento a este imposto (CASTRO et al, 2010).

O Brasil, entretanto, e em particular o setor sucroalcooleiro, se fortaleceram nesse processo e se prepararam com relativa antecedência para a conquista futura da autonomia desse recurso energético, que se soma aos demais como a hidro e termoeletricidade, a energia nuclear e a eólica. No presente momento histórico, com a mudança da matriz energética mundial, decorre a grande expansão do setor sucroalcooleiro no Brasil, o qual se concentra notadamente no Sudeste e Sul do país, em especial São Paulo, Paraná e Minas Gerais e avança para o Cerrado Central, principalmente em terras antes ocupadas por grãos, algodão e pastagens situadas, sobretudo no estado de Goiás e Mato Grosso do Sul (WAACK et al, 1998; CASTRO et al 2010; SILVA e MIZIARA, 2011).

A recente expansão, além de motivada por crise ambiental associada ao aquecimento global pela emissão de GEE em grande parte atribuída aos combustíveis fósseis, encontra o país munido agora de nova tecnologia, como os veículos bicombustíveis ou *flex*, as novas tecnologias no processamento industrial, visando menor impacto ambiental, além de novos cultivares, mais produtivos e menos dependentes de defensivos e menos exigentes em irrigação (SPAROVEK et al. 2007).

O Brasil é um dos maiores produtores de açúcar e álcool do mundo, além de deter uma das maiores frotas de veículos *flex*, tendo um mercado interno forte também favorecido fortemente pela adição obrigatória de 25% de etanol à gasolina. Por sua expressiva e crescente produção de cana-de-açúcar o país é bastante visado no cenário internacional, principalmente pela produção de etanol, para a qual já conta com 387 unidades produtoras cadastradas até 2013 junto ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), sendo que 14 usinas dedicam-se somente à produção de açúcar; 96 à produção de álcool e 245 são mistas, de álcool e açúcar, 32 sem lançamento (MAPA, 2013). Logo dominam as usinas mistas. Essa nova e recente expansão com novos incrementos, desta vez mais forte que o anterior, a partir de 2004, veio promovendo não só a ampliação da área cultivada, mas também do número de usinas, cerca de 40 unidades (MAPA, 2012), bem como implementou novas áreas de cultivo, antes ocupadas por grãos e pastos (NASSAR, 2008; CASTRO et al, 2010).

A área alvo para a expansão da cana no Brasil é o Centro-Sul onde ocorre o Bioma Cerrado, vegetação predominante composta por suas diferentes fitofisionomias, mas que devido à sua grande conversão agropecuária vem sendo considerado no mundo um dos 34 *hotspots* da biodiversidade do planeta (WWF, 1994; CI, 2005). Tal fato deu-se no período da fronteira agrícola dos anos 1970, associada à Revolução Verde, voltada à produção de *commodities* como grãos, sobretudo soja, além de carne proveniente da criação extensiva de gado bovino de corte, voltadas naturalmente para o mercado externo.

O Governo Federal criou novas políticas de subsídio à expansão como o Plano Nacional de Agroenergia (MAPA, 2006) e o Zoneamento Agroecológico para a Expansão da Cana-de-açúcar (ZAE- Cana) (MANZATTO et al 2009), que levaram em conta sua elevada aptidão edafoclimática com base em seus atributos como localização, relevo suave de topos amplos, clima tropical com duas estações contrastadas e alternadas e solos de regular a elevada aptidão agrícola somando 12 Mha (o Estado abrange pouco mais de 30 Mha). Essa área predomina o bioma Cerrado é um dos cinco biomas que compõem o território brasileiro, o segundo maior bioma do país em área, correspondendo a 23% do território nacional, apenas superado pela Floresta Amazônica (RIBEIRO e WALTER. 2008).

O Plano Nacional de Agroenergia (PNA – 2006-2011) foi proposto como instrumento regulador da questão energética e reflete claramente uma política favorável à expansão do agronegócio voltado à produção de biocombustíveis, em que o bioetanol é o mais relevante e principal indutor dessa recente expansão da monocultura de cana-de-açúcar. A produção crescente contribui, no entanto, para as mudanças de uso do solo no Centro-Sul, bastante acelerada desde o final dos anos 1990, e sobretudo, desde 2000, o que traz preocupações

quanto aos possíveis impactos que já começam a ser alvo de estudos voltados para a compactação dos solos, contaminação dos recursos hídricos e disputa por terras, dentre outros impactos sociais e de poder (CASTRO et al. 2010).

Ainda que não tenha grande participação em área de cultivo no país e mesmo em particular no Centro-sul ou no estado de Goiás, onde as pastagens e os grãos, em especial a soja são destaque na economia, é nos eixos de expansão da monocultura da cana-de-açúcar, sobretudo em nível microrregional, que os impactos dessas mudanças podem ser preocupantes e precisam ser mais bem pesquisados e entendidos (CASTRO et al. 2009, 2010). Assim, até 2007 eram apenas 12 usinas, dentre elas as situadas na MRVRB. Convém ressaltar que a MRVRB foi a única microrregião da mesorregião Sul de Goiás contemplada com investimentos do PROALCOOL.

O estado de Goiás já cultivava cana-de-açúcar desde o tempo colonial, mas contabilizou forte incremento na década de 1970 em consequência do Proálcool (1975-79). No entanto, tal incremento ficou bem aquém daquele ocorrido em terras paulistanas (que detêm mais de 50% da produção nacional e do número de usinas), devido, sobretudo à logística e distância dos centros consumidores (CASTRO et al, 2010).

A expansão da monocultura da cana vem se baseando no aumento da área plantada, principalmente quando se considera que essa é a prática da Fronteira Agrícola no país (MIZIARA, 2006) e os estudos recentes revelam áreas ainda disponíveis (MACEDO et al, 2005; ÚNICA/UNICAMP, 2005; ZAE Cana, EMBRAPA, 2009). Alguns deles têm indicado que áreas ocupadas com outras culturas e pastagens têm sido priorizadas para essa expansão na porção Centro-Sul do Cerrado (NASSAR et al, 2008; SILVA ; MIZIARA, 2010; CASTRO et al, 2007; 2010).

No estado de Goiás, em especial, três microrregiões vêm se revelando como preferidas, a de Quirinópolis, do Meia Ponte, e a do Vale do rio dos Bois. A primeira vem se destacando como a principal (BORGES et al, 2010), seguida das outras duas, vale ressaltar que a microrregião do Vale do Rio dos Bois, já contavam com usinas da época do PROALCOOL, enquanto a de Quirinópolis e Meia Ponte não, o que permite supor que haveria diferenças no processo de expansão entre elas, que precisam ser esclarecidas.

No que se refere à do Meia Ponte, Abdala e Castro (2010) já analisaram o processo de expansão detectando que a cana-de-açúcar substituiu áreas de soja, que por sua vez substituiu áreas de pastagens. Borges et al (2010) estudando a microrregião de Quirinópolis deduziram processo similar e que gera impactos diretos e indiretos nas áreas agrícolas convertidas em cana-de-açúcar, conhecidos como diretos, pelas mudanças de culturas e pastos, mas também

impactos indiretos nas áreas para as quais as culturas se dirigiram, em particular nas pastagens (CASTRO et al, 2010).

Nesse sentido, este estudo foca a evolução da área de cultivo de cana-de-açúcar de 1985 a 2013, de modo a compreender a expansão canavieira na Microrregião do Vale do Rio dos Bois (MRVRB), onde essa monocultura se destacou na década de 1970, devido aos subsídios do PROALCOOL, quando essa cultura chega mais fortemente a Goiás, até recentemente quando é intensificada, sobretudo a partir de 2007, associada ao avanço dessa cultura sobre o Sul do Cerrado, bem como os impactos diretos e indiretos da expansão no uso das terras e na disputa por certos solos e mesmo remanescentes do Cerrado, buscando-se verificar se está havendo perda de volume e qualidade dos remanescentes no Cerrado, com ênfase em áreas de preservação permanente.

Sabendo-se que o Sul Goiano tem sido o alvo preferencial da expansão da cana (CASTRO et al, 2007, 2010; SILVA e MIZIARA, 2010) e que as microrregiões de Quirinópolis, Meia Ponte e Vale do Rio dos Bois aí se destacam, algumas questões se colocam para o momento atual no estado de Goiás: porque a MRVRB que já tinham usinas desde o Proálcool, não se transformou em líder do setor como a de Quirinópolis que não tinha nenhuma usina? A causa estaria numa menor oferta de terras com boa aptidão agrícola para a cultura, ou de logística, ou de ambas? Quais seriam os impactos diretos e indiretos da expansão da cana na MRVRB?

Para responder a essas questões relativas à expansão da monocultura da cana-de-açúcar na MRVRB, considerando-se que recebeu o incentivo do PROALCOOL, mas que não possuía a liderança e até mesmo a uma menor importância atual, periférica à nova centralidade da produção de cana-de-açúcar em Goiás representada pela microrregião de Quirinópolis (SANTOS, 2010), neste trabalho testou-se a hipótese da possibilidade de uma menor aptidão agrícola ao cultivo da cana, como um fator limitante significativo, além da logística.

Nesse sentido esse estudo visa avaliar a expansão da monocultura da cana-de-açúcar na MRVRB em termos da dinâmica da paisagem no tempo, de modo a identificar as mudanças ocorridas na área, provocadas por fatores naturais e, ou antrópicos. É fato conhecido que a expansão humana, através do uso indiscriminado do solo, provoca danos ao meio ambiente que merecem ser cada vez melhor investigados. Pesquisas e estudos realizados sobre a expansão de culturas sobre o planeta não devem se limitar a análises meramente físicas ou socioeconômicas, sendo fundamental análise integrada, dado que o processo é complexo.

CAPÍTULO I – AS USINAS E OS CONDICIONANTES DO MEIO FÍSICO PARA A EXPANSÃO CANAVIEIRA NA MRVRB

1.1 Localização da Microrregião do Vale do Rio dos Bois

A microrregião do Vale do Rio dos Bois (MRVRB) está localizada a $16^{\circ} 35' 25''/18^{\circ} 7' 28''$ S e $51^{\circ} 7' 18''/51^{\circ} 7' 5''$ W e possui aproximadamente 13.592,6 Km². Compõe a mesorregião Sul de Goiás, que faz fronteira a Leste com a microrregião do Meia Ponte e a Oeste com a microrregião do Sudoeste de Goiás. Treze municípios compõem a microrregião: Acreúna, Campestre de Goiás, Cezarina, Edealina, Edéia, Indiara, Jandaia, Palmeiras de Goiás, Palminópolis, Paraúna, São João da Paraúna, Turvelândia e Varjão (Figura 1).

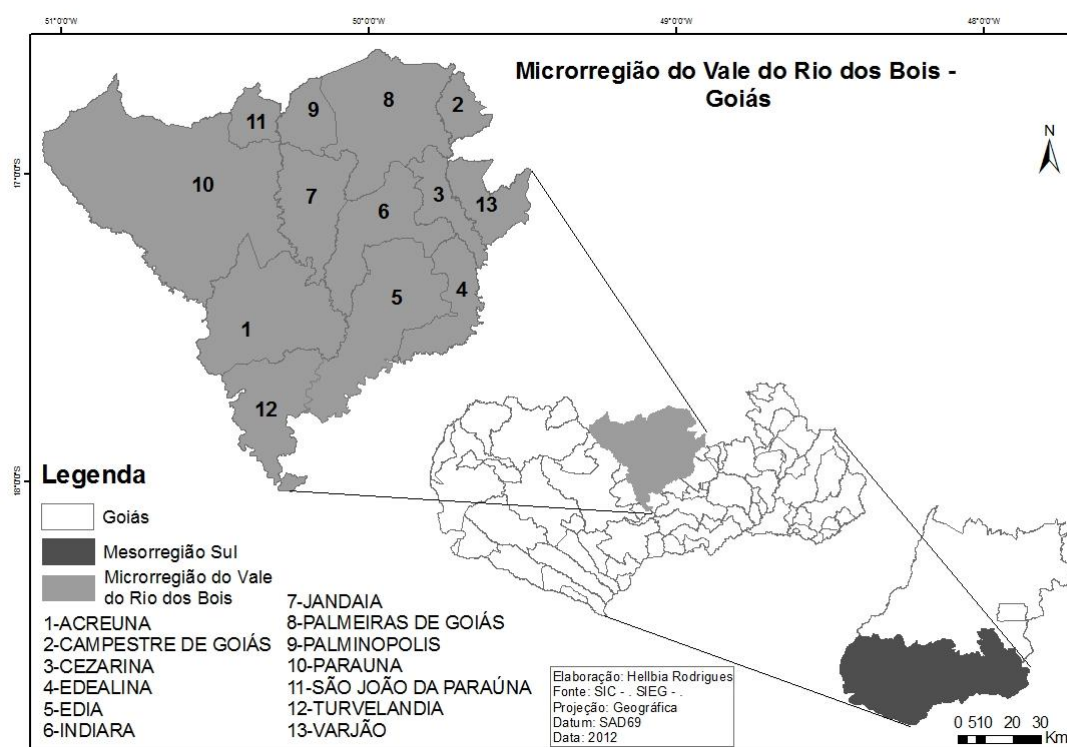


Figura 1. Localização da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.

Em toda a microrregião foram identificadas 4 usinas em funcionamento, as quais estão indicadas na figura 2.

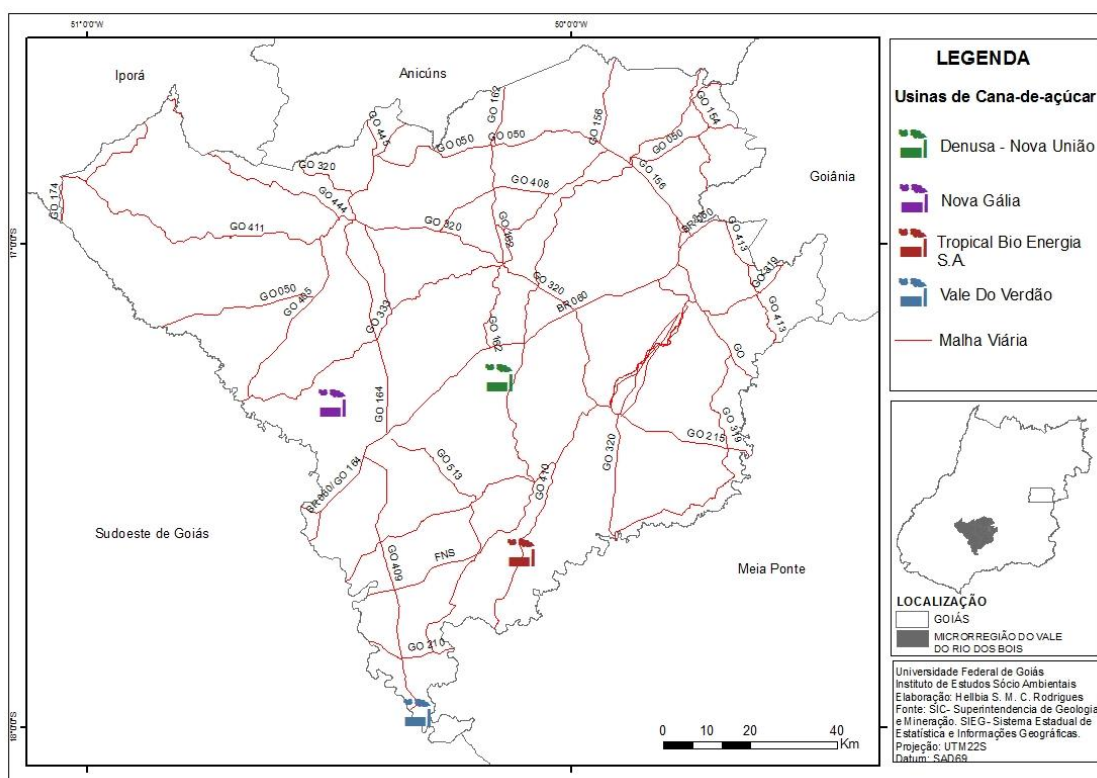


Figura 2. Localização das Usinas mistas produtoras de álcool e açúcar.

No quadro 1 é apresentado as quatro usinas de açúcar e álcool em operação em 2013, e seus municípios de cadastro segundo dados do MAPA (2013).

Quadro 1. Usinas na Microrregião do Vale do Rio dos Bois, no estado de Goiás.

Número	Município	Razão Social	Status
1	Edéia	Tropical Bioenergia S/A	Em funcionamento
1	Jandaia	Denusa – Destilaria Nova União S/A	Em funcionamento
1	Tuverlândia	Vale do Verdão S/A - Açúcar e Álcool	Em funcionamento
1	Paraúna	Usina Nova Gália Ltda	Em funcionamento

Fonte: MAPA. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento 2013.

No município de Edéia situa-se a usina **Tropical Bioenergia S/A** (figura 3), registrada em 02/04/2007, localizada na zona rural na fazenda Canadá, em posição fronteiriça com municípios vizinhos, cuja área de plantio que cobre aproximadamente um raio de 27 km, abrange também áreas dos municípios de Acreúna, Porteirão e Turvelândia, beneficiando-os com a utilização de sua mão-de-obra, embora pague seus tributos ao município de Edéia.



Figura 3. Usina Tropical Bioenergia S/A.

Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013).

Em campo foi possível observar que a usina está expandindo as áreas de plantio e que a GO 410 que lhe serve para escoamento de produção está em obras, bem como as estradas próximas à usina, que estão recebendo pavimentação asfáltica. Nessas estradas o fluxo de caminhões transportando cana-de-açúcar é intenso, assim como os ônibus transportando os empregados.

A **Denusa – Destilaria Nova União** na figura 4, em funcionamento desde 1983, embora segundo dados do MAPA (2013) tenha sido registrada em 02/04/2007, localiza-se no município de Jandaia, na fazenda São Pedro, distante aproximadamente 50 km do centro administrativo desse município, mas está próxima do município de Indiará e Acreúna. E segundo o que foi observado em campo, o município de Indiará se beneficia da usina pela mão-de-obra que a mesma absorve do município, no entanto, a área de produção está em Jandaia que recebe os tributos, sendo as terras utilizadas em sistema de cotas, conhecido como arrendamento. A cana é plantada e processada nesse mesmo município.



Figura 4. Destilaria Nova União - DENUSA.
Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013).

A usina DENUSA é a usina que trabalha com fertirrigação de vinhaça canalizada. Foi observado em campo que a vinhaça fica em contato direto com o solo o que pode promover impactos negativos ao ambiente como contaminação de recursos hídricos, sejam eles provenientes do lençol freático como também de mananciais da região.

Para a atividade de fertirrigação há a Normativa N°. 001/2007 da Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos (SEMARH) e Agência Goiana do Meio Ambiente (AGMA), que estabelece critérios e procedimentos para o licenciamento ambiental e desenvolvimento da atividade de forma sustentável e resolve que:

Art. 1º - O licenciamento ambiental para os novos empreendimentos do setor sucroalcooleiros se dará obedecendo aos critérios a seguir:

IV. A efetuação da impermeabilização dos tanques de armazenagem de efluentes e canais primários, utilizando geomembrana ou outra tecnologia de igual ou superior efeito.

VII. Implantação da rede de monitoramento da água subterrânea, através de poços, conforme a Lei Estadual nº13583/2000 e NBR 13895, ou técnica de igual ou superior efeito.

VIII. Apresentar projetos de fertirrigação contemplando, no mínimo: estudo de permeabilidade dos solos, quantidade do efluente a ser

aplicado, taxa de aplicação e distância de no mínimo 200 (duzentos metros das coleções hídricas, contados a partir do limite da área de preservação permanente.

Na área de plantio ocorre o sistema de rotação de cultura, com o plantio de soja como forma de manejo alternado da terra mais rentável em curto prazo, devido o ciclo da cultura de cana-de-açúcar ser longo.

O município de Paraúna abriga a **Usinova – Usina Nova Galia Ltda** apresentada na figura 5, que foi registrada em 02/04/2007 (MAPA, 2013). Localiza-se na zona rural desse mesmo município, onde a cana é plantada e processada, no entanto, a mão-de-obra é de Acreúna, devido à proximidade desse município, assim como foi possível observar em campo.



Figura 5. Usina Nova Galia.

Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013).

A usina Nova Galia, também trabalha com manejo fertirrigado, mas foi identificado na área que a vinhaça é canalizada em tubulações para a aspersão na plantação. A plantação de cana é circundada por áreas de pastagem, trabalham com sistema de rotação de culturas, há áreas de plantio de cana-de-açúcar com soja e brotos da cana-de-açúcar em toda a área de cultivo de soja.

A usina **Vale do Verdão S/A – Açúcar e Alcool Ltda** apresentada na figura 6, localiza-se no município de Turvelândia na fazenda Baessa e está em funcionamento desde

1981, período do PROALCOOL, embora segundo dados do MAPA (2013) foi registrada em 02/04/2007, observando-se que a cana é plantada no mesmo município, mas em um raio aproximado de 45 km da usina, que também é proprietária da área, situada a aproximadamente 10 km do centro administrativo municipal, porém mais próxima do município de Maurilândia a aproximadamente 2 km, de onde vem a mão-de-obra. Faz parte de um grupo composto por quatro usinas, sendo que as outras três estão localizadas em Castelândia, Porteirão e Maurilândia.



Figura 6. Usina Vale do Verdão.
Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013)

Na usina Vale do Verdão, a GO 409 uma das principais vias que dão acesso à usina. Em todo o trecho percorrido no trabalho de campo até a usina foi observado um extenso e predominante plantio de cana-de-açúcar, além de áreas de pastagem e de soja, observando-se ainda muitos lagos e veredas. O município de Acreúna possui área plantada com cana-de-açúcar, a qual é fornecida para usinas de outros municípios vizinhos. Segundo o Ministério Público (2007) há muitas usinas que possuem licenciamento, mas não estão em funcionamento, algumas nem chegaram a sair do papel, por tanto não foram consideradas no estudo.

Constatou-se que as usinas da MRVRB estão localizadas em áreas servidas de ampla logística e condições edafoclimáticas favoráveis. Vale lembrar que para o bom desenvolvimento da atividade econômica, a infraestrutura é extremamente importante, pois a

matéria prima não pode ser estocada, tendo que cumprir um prazo de 72 horas da colheita ao processamento na indústria, pelo risco de perda de propriedades bioquímicas da planta, o que interfere na obtenção do produto final (ÚNICA, 2007).

Na MRVRB pode-se constatar uma expansão notável da cana a partir de 1980, e principalmente no ano de 1994, corroborando o exposto, porém levantando a hipótese de um desdobramento tardio ainda do PROALCOOL, de origem desconhecida.

Quadro 2. Evolução da área cultivada com cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos Bois, estado de Goiás entre 1980 e 2009.

Ano	Área Total Cultivada (ha)
1980	285
1994	26.755
2005/2006	31.270
2008/2009	62.043

Fonte: SEPLAN 1995/CANASAT 2011

Em 1980 a MRVRB apresentava uma área cultivada considerada irrelevante. Em 1994 a área de cultivo tornara-se quase dez vezes maior do que em 1980, visto que a área total da Microrregião é aproximadamente de 13.592 km. Isto permite aventar a ideia de que haveria maior relação com o período de desregulamentação do setor do que com o PROALCOOL, ou efeito retardado deste. Já em 2008/2009 a área quase triplica em relação a 1994 e duplica em relação à safra de 2005/2006, já coincidindo com o atual período de expansão sucroalcooleira no país e no Sul goiano em particular, levando a confirmar que a MRVRB era e continua sendo uma das áreas prioritárias do estado de Goiás para investimento na produção de etanol. Por outro lado, houve também aumento considerável da produtividade no período como pode ser observado no quadro 3.

Quadro 3. Evolução da Produção e Produtividade da Cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos Bois, estado de Goiás entre 1980 e 2009.

Anos	Produção (mil/t)	Produtividade (kg/ha)
1980	10.540	36.982
1994	2.110.460	78.881
2008/2009	6.074.000	521.900

Fonte: SEPLAN 1995/CONAB 2008.

O crescimento na produtividade pode ser justificado pela melhoria da tecnologia da cadeia produtiva, além dos investimentos para produção de energia renovável, no caso o biocombustível.

1.2 O Meio Físico, os Solos e sua Erodibilidade como Condicionantes da Expansão da Cana-de-açúcar

O clima da MRVRB é tropical subúmido, com duas estações bem definidas, classificado como quente e úmido, do tipo Aw, com chuvas de verão (outubro a março) e inverno seco (junho a setembro), de acordo com a tipologia climática de Koppen. A cana-de-açúcar é considerada uma planta essencialmente tropical, que passa por essas duas estações em seu ciclo de vida (DIOLA e SANTOS, 2010). A MRVRB apresenta clima favorável ao cultivo da cana.

Quanto à geologia a MRVRB possui um mosaico litológico bem diversificado. A unidade litoestratigráfica com maior expressão espacial na área é a Formação Serra Geral, pertencente ao grupo São Bento, integrante da unidade estrutural Bacia Sedimentar da Bacia do Paraná localizada no Sudoeste e Oeste. Esta formação é composta por rochas ígneas do tipo basalto que dão origem a latossolos vermelhos argilosos e relevos suaves altamente favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar.

A segunda unidade com maior ocorrência na MRVRB é Ortognaisses do Oeste de Goiás. Essa unidade é formada por rochas datadas do Neoproterozóico, com sua litologia representada principalmente por rochas cristalinas pré-cambrianas, rochas gnáissicas, granito e tonalito, localizadas sobretudo no Norte e Sudeste da região. No Nordeste há pequenas ocorrências das formações sedimentares mais recentes, datadas do terço-quaternárias, como a unidade Anicúns-Itaberaí e as Coberturas Detrítico-laterítica. E no Noroeste ocorrem as Coberturas terço-quaternárias Detríticas Indiferenciadas e a formação Aquidauana, de idade cretácea, integrante da bacia sedimentar do Paraná, que ocorrem no Vale do rio do Peixe (MOREIRA et al, 2008).

A litoestrutura diversificada da MRVRB favoreceu a formação de relevos variados, com predominância de uma vasta superfície de aplainamento. Quanto às áreas com ocorrências significativas de rochas basálticas localizadas no sul da MRVRB, os solos que se formaram (predominantemente, os Latossolos) apresentam melhores condições agrícolas,

devido sua maior fertilidade em função rocha matriz, o que contribuiu positivamente para o uso e ocupação da área.

Quanto ao relevo, conforme mapeamento de Latrubesse e Carvalho (2006) é amplamente favorável ao cultivo da cana, pois predomina ao Norte e ao Sudeste a Superfície Regional de Aplainamento IVB (SRA IVB), a mais baixa do estado de Goiás, com dissecação fraca e de relevos suaves pertencentes às rochas da Bacia do Paraná. Secundariamente ocorrem rochas pré-cambrianas com sistemas lacustres, mas também associados e relevos igualmente suavizados. No Noroeste há trechos da Superfície Regional de Aplainamento III e II (SRA II e III), ambas mais elevadas que a anterior, o problema é que são delimitadas por uma Zona de Erosão Recuante responsável por sua dissecação erosiva forte caracterizando áreas de maior limitação ao cultivo da cana, devido sobretudo ao declive.

Na porção Oeste ocorre a Superfície Regional de Aplainamento IIIB (SRA IIIB) com dissecação média e associada a relevos tabulares na bacia do Paraná, mas com ocorrência também de Morros e Colinas com dissecação forte. As SRA que cobrem mais de 60% da MRVRB correspondem a relevos suaves e amplos, no geral aptos à atividade agrícola intensiva (Figura 7).

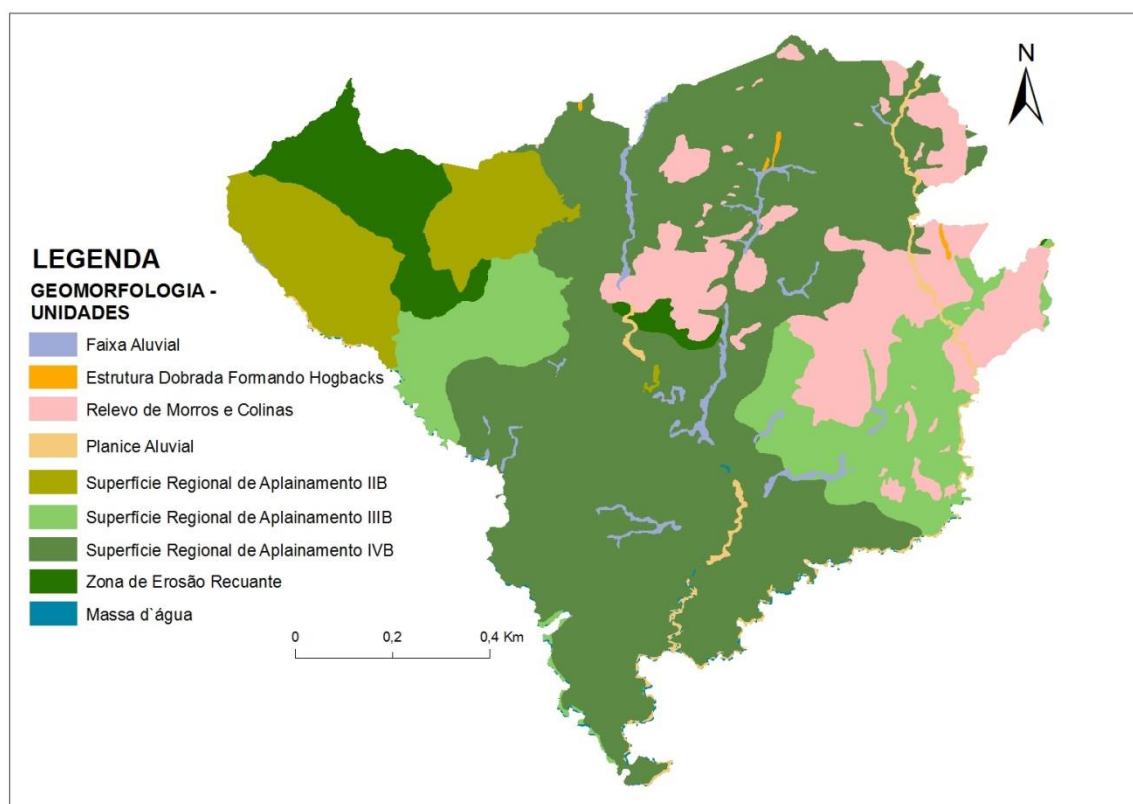


Figura 7. Geomorfologia da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.

Uma variável do relevo muito relevante para o cultivo da cana é a declividade (Figura 8). Na MRVRB observa-se um relevo predominantemente plano (mais de 80% da área total) representado pelos valores entre 0 e 4%, com ressalva para as áreas localizadas tanto ao Noroeste quanto ao Sudoeste, que possuem relevos mais movimentados cujas declividades podem variar de 7 à 64%, representados principalmente por Morros e Colinas, caracterizando uma topografia cujas áreas favoráveis são menos extensas e são contíguas.

Assim, as declividade da área favorecem a cultura canavieira mecanizada, que não deve exceder 12% de declive (MAMZATTO et al, 2009), mas observa-se que é sobretudo na SRA IVB que se estende por quase todo o Sul da MRVRB, sustentada por rochas basálticas que favorecem a formação de latossolos argilosos e porosos considerados mais aptos à atividade agrícola, que se encontram as condições mais favoráveis ao cultivo da cana-de-açúcar (Figura 8), somada ao fato da maior proximidade da rede viária agroexportadora para o Sudeste do país.

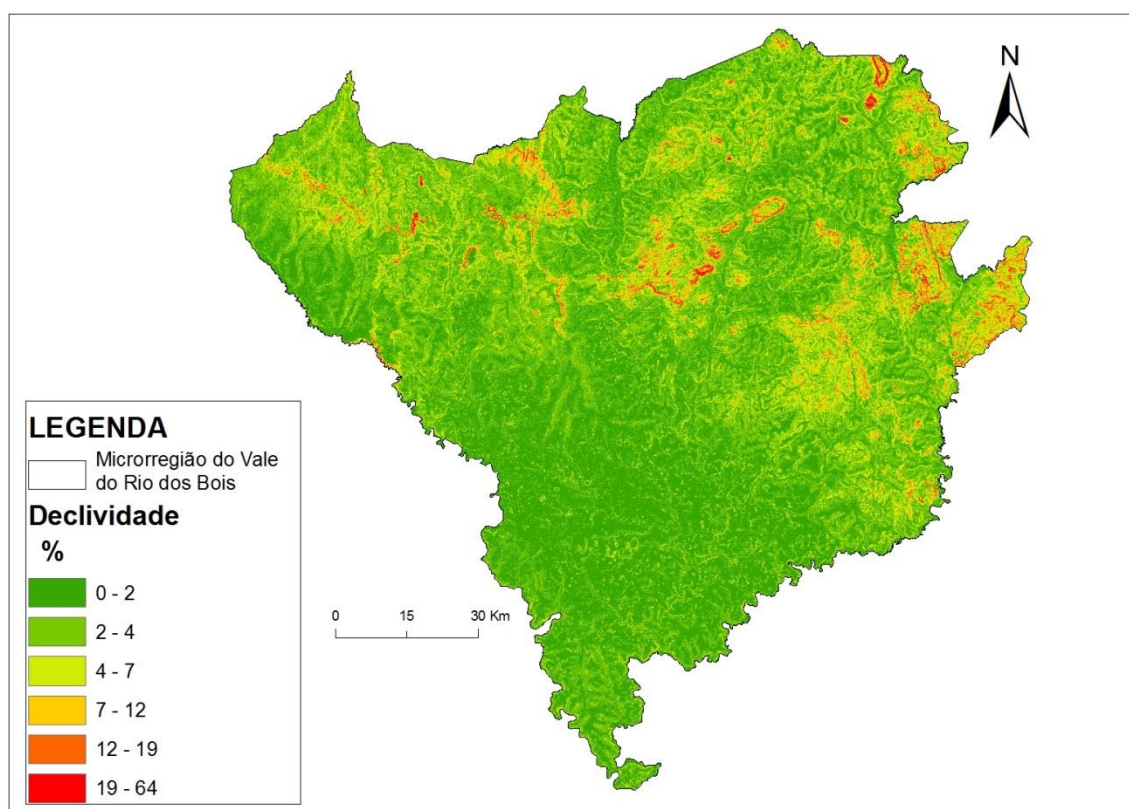


Figura 8. Declividade da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.

Como forma de subsídio para o Programa Nacional de Recursos Hídricos (PNRH), foram desenvolvidos estudos, um deles o Caderno Regional para cada uma das 12 Regiões Hidrográficas, que foram definidas pela Resolução do Conselho Nacional de Recursos

Hídricos nº32/2003 (MMA, 2006). A MRVRB possui uma densa rede hidrográfica que está localizada em duas Regiões Hidrográficas, uma no extremo noroeste onde localiza-se os rios Claro e São Domingos é conhecida como Região Hidrográfica do rio Araguaia, a montante da foz do rio das Mortes, área que corresponde a uma pequena porção do território da MRVRB. A outra localiza-se na área de maior densidade de drenagens da MRVRB, essa Região Hidrográfica predominante é a do rio Paraná (Figura 9). A região Hidrográfica do rio Paraná está sob o Sistema do Aquífero Guarani, uma das maiores reservas de água doce do planeta e importante para futuro planejamento territorial.

Na MRVRB possui importantes redes de drenagem, observa-se o contraste nos terrenos situados nas porções norte e sul. Ao sul com área menos movimentada quanto ao relevo existe uma expressiva quantidade de lagoas.

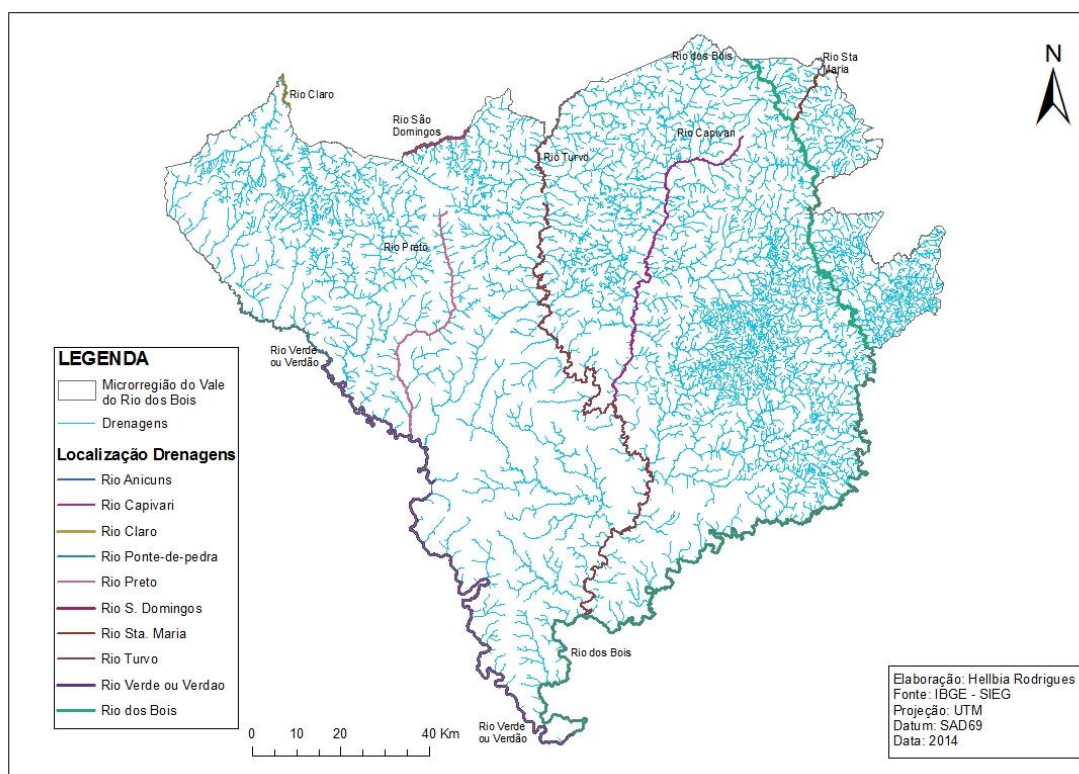


Figura 9. Rede de Drenagem da Microrregião do Vale do Rio dos Bois – Goiás.

Mesmo que inserido num mesmo bioma Cerrado e estando no mesmo domínio morfoclimático, a MRVRB apresenta paisagens bem diversificadas devido às diferenças na sua estrutura geológica, como na já citada litologia, e consequentemente de solos, o uso e cobertura e tipo de ocupação. Quanto as classes de solos figura 10 Latossolo Vermelho distrófico (LVd) em toda sua porção sul, associado ao substrato basáltico e o relevo suave da SRA IVB, com prolongamento também para o centro, corroborando a ideia de que essa área apresenta as melhores condições de cultivo da cana, pois que apresenta extensão contínua, ao

contrário das menores e descontínuas no Norte, Nordeste, além de pequenos setores no Oeste. Ao Noroeste ocorrem Neossolos Quartzarênicos háplicos (RQa) e pequenos setores de Neossolos litólicos (RL), pouco aptos à atividade agrícola, mas cultivados sob manejo fortemente tecnificado. Os Argissolos Vermelho-Amarelo distróficos (PVAd) ocorrem apenas no Noroeste, já os Argissolos Vermelho-Amarelo eutróficos (PVAe) ocorrem nas porções no Norte e Oeste, sendo solos favoráveis à cana, demandam práticas conservacionistas severas para controle de erosão, dada sua elevada erodibilidade.

Os Gleissolos Háplicos distróficos (GXd) ocorrem apenas no Noroeste e os Gleissolos Háplicos eutróficos ocorrem na porção Central e Oeste, sendo solos que, apesar do baixo declive, ocorrem em áreas úmidas, como planícies de inundação, veredas e similares, desfavoráveis ao cultivo da cana, devido saturação constante. Cambissolos distróficos (CHd) ocorrem no Centro e Oeste da área, podendo ser ocasionalmente cultivados, a depender dos declives, Cambissolos álicos (CHa) em uma pequena mancha à Oeste. A Figura 10 representa a distribuição dos solos da MRVRB.

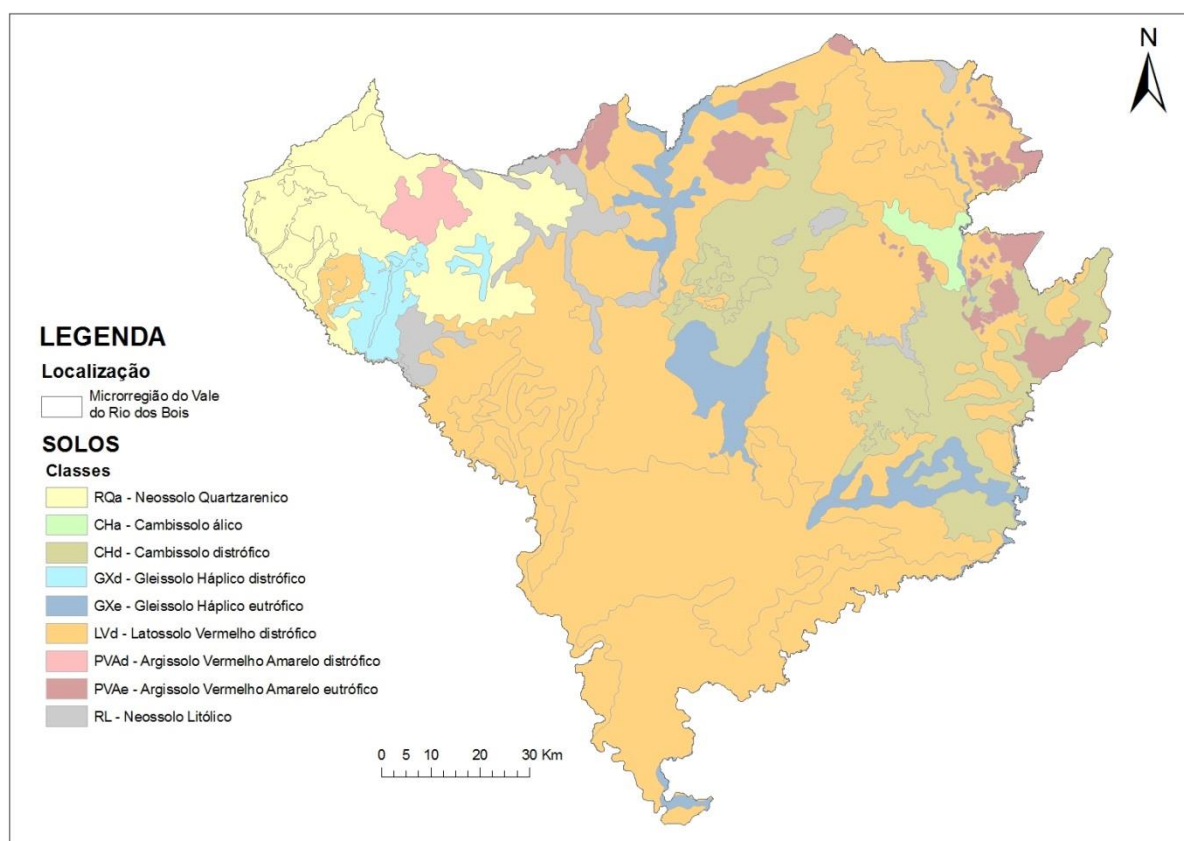


Figura 10. Solos da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.
Fonte: SIEG adaptado por RODRIGUES, 2013.

Os Latossolos apresentam horizonte B latossólico e pouca diferenciação entre seus horizontes. São solos bem evoluídos, intemperizados e profundos. Na área há ocorrência de

Latossolo Vermelho de matiz 2,5YR ou mais vermelho na maior parte dos primeiros 100 cm. (EMBRAPA, 2006). Estes são solos favoráveis para o cultivo de cana-de-açúcar, contribuindo pra uma produtividade alta, predominam na MRVRB, especialmente ao Sul, onde a principal atividade é a agricultura, representada pela soja, sorgo e milho e cana-de-açúcar. A área de uso agrícola é predominante na MRVRB há 40 anos, uma área que apresenta elevada antropização.

Os Argissolos apresentam um incremento do teor de argila no horizonte B, denominado por isso de textural, proveniente do horizonte superficial, mas trata-se de argila de atividade baixa. Possuem uma profundidade variável e ocupam relevos de moderada declividade, sendo em geral recomendados para culturas de ciclo longo como a cana ou permanente como as arbóreas.

Os Neossolos Quartzarênicos são solos constituídos de material mineral, arenosos casualmente orgânicos na superfície não se distinguem muito do material de origem (arenitos, quartzitos e similares pela sua resistência ao intemperismo ou composição química). Apresentam seqüência de horizontes A-C, logo pouco desenvolvidos, mas com profundidade de 150 cm caracterizados pelo predomínio de areia fina (95% ou mais de areia de quartzo) e áreas suavizadas em geral de baixos declives. Já os Neossolos Litólicos (RL) são solos também constituídos de material mineral e igualmente pouco desenvolvidos, porém são rasos e diferem dos anteriores por serem encontrados nas encostas mais íngremes.

Os Cambissolos são solos compostos por material mineral com horizonte B incipiente subjacente ao horizonte A de qualquer tipo, excluído o chernozêmico, quando a argila do horizonte B é de atividade alta. (EMBRAPA, 2006). Em geral são solos bem drenados, pouco profundos ou rasos.

Diante dos dados relativos aos solos é possível avaliar que na MRVRB dominam as classes de baixa erodibilidade, segundo classificação apresentada por Salomão (1999), adaptada por Rodrigues e Castro (2013), correspondendo a pouco mais de 59% da área total, representada, sobretudo, pelos Latossolos e circunscrita à porção Sul da MRVRB. Paralelamente áreas extensas com muito alta erodibilidade compreendem mais de 28% da sua área total, onde dominam os Neossolos Litólicos, e os Cambissolos, com os Gleissolos nas margens fluviais e setores de veredas. São áreas de relevo mais aguçado, não sendo recomendadas para a cultura canavieira e concentradas, sobretudo, na porção Norte. Nessa porção encontra-se também a classe de alta erodibilidade que representa apenas pouco mais de 5% e corresponde às áreas de Argissolos (Figura 11). Logo, em termos de erodibilidade a

MRVRB apresenta restrição apenas no setor Norte, onde muitas das áreas são consideradas APP. Pode-se concluir que as variáveis solo e relevo desempenharam fator relevante e condicionaram o cultivo da cana-de-açúcar na porção sul da MRVRB.

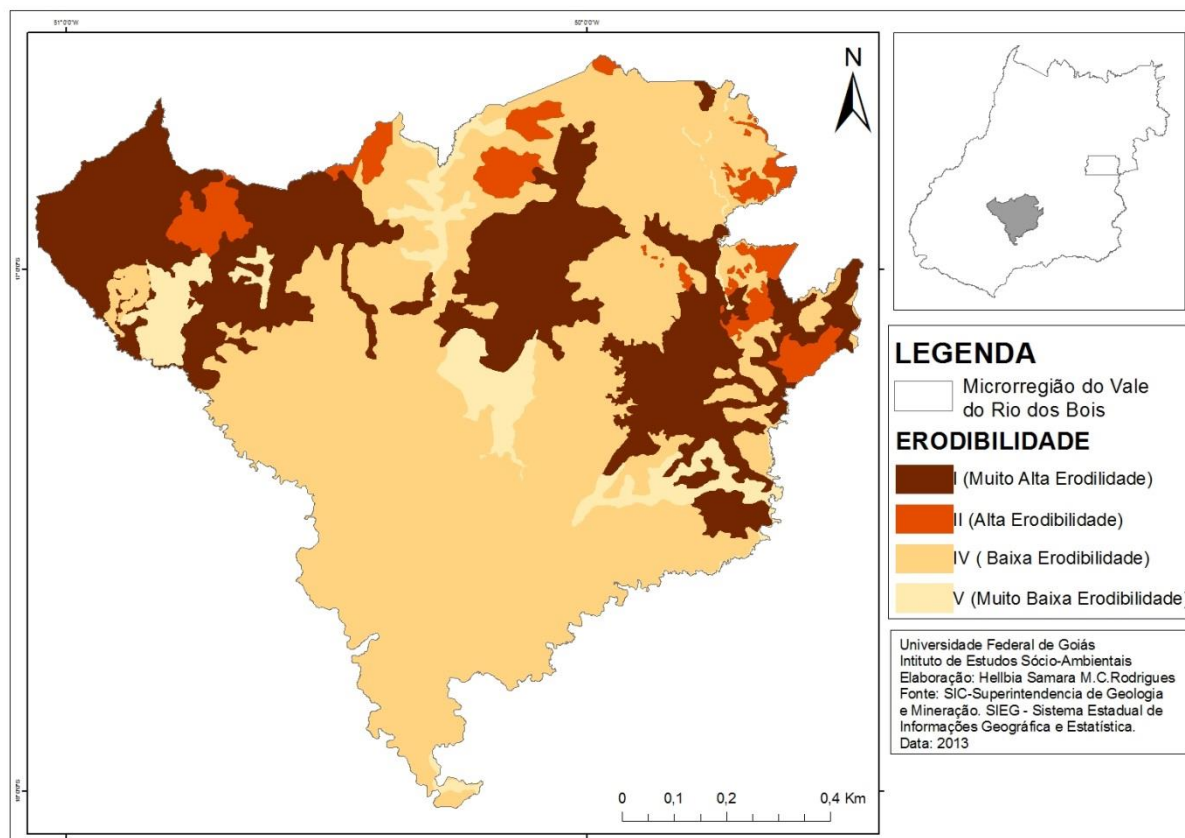


Figura 11. Erodibilidade da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás.
Elaboração: RODRIGUES, 2013

A erodibilidade pode mudar ao longo do tempo, pois os solos apresentam propriedades dinâmicas, que podem ser alteradas diante de diferentes usos da terra e sobretudo manejo dos sistemas agrícolas (VITTE e MELLO, 2007). Na MRVRB o uso agrícola é intensivo e dominante na classe de baixa erodibilidade revelando ausência virtual de conflitos de uso (discrepância), representada pela sua porção sul. É justamente nessa área que a monocultura da cana-de-açúcar ingressou na década de 1980 e vem se expandindo recentemente. Mesmo assim, são áreas suscetíveis a impactos ambientais como erosão resultante mais do manejo inadequado das terras, sobretudo convencional (e não o plantio direto), o qual deve ser observado mesmo para áreas com Latossolos, levando em consideração o cumprimento da rampa e a densidade da cobertura. Acrescente-se também o potencial de compactação que esses solos apresentam diante de cultura altamente tecnificada como a cana-de-açúcar.

Ross (1992) aponta um tratamento setorial para questões ambientais desvinculada das questões sociais e econômicas. O autor afirma ainda que nem o fato de existir uma legislação ambiental e órgãos de gestão ambiental garante a preservação do ambiente. E diante das características físicas da MRVRB, mesmo que existam condições para o uso, de suma importância o planejamento ambiental adequado a partir do estudo da dinâmica da paisagem e do estado atual da área.

CAPÍTULO II – FUNDAMENTOS DA PESQUISA

O pressuposto teórico foi elaborado a partir do processo histórico pelo qual passa o espaço goiano, fazendo-se necessário o estudo das transformações que ocorreram, possibilitando uma análise temporal e espacial dos principais pontos que culminaram na reconfiguração do seu espaço antes dominado pelo Cerrado, sobretudo nas últimas cerca de quatro décadas, discute-se a inserção do processo recente de expansão da cana-de-açúcar, com recorte espacial na Microrregião do Vale do Rio dos Bois.

2 Microrregião do Vale do Rio dos Bois: Aspectos Históricos do Processo de Transformações do Espaço Goiano

[...]quando falamos em região estamos pensando em uma porção do território caracterizada por alguns aspectos que lhe atribuem individualidade em relação aos demais espaços” (ARRAIS, 2004, p. 30).

A microrregião do Vale do Rio dos Bois, localizada na mesorregião Sul do estado de Goiás, teve a formação do seu território favorecida pela hidrografia, especificamente a bacia do Vale do Rio dos Bois, que lhe serve de limite. O IBGE (1990) subdividiu as mesorregiões em microrregiões, deixando claro que essa subdivisão não significa autossuficiência e sim especificidades referentes à estrutura de produção, que por sua vez pode ser resultante da presença de elementos naturais que lhe condicionam e personalizam.

Antes da organização regional do estado de Goiás adotada pelo IBGE em 1989, o Estado já passara por um processo histórico de transformações. A atividade de mineração no século XVIII dependia da atividade agropastoril, que abriu caminhos, e deu início às transformações sócio-espaciais (GOMES et al, 2004). O período em que a atividade mineradora entrava em decadência, devido ao esgotamento das minas, levou muitos povoados a permanecerem com atividade agropastoril. Outro momento histórico relevante é a ocupação do Sul por migrantes de Minas Gerais e São Paulo, que vieram em busca das terras desocupadas, cuja principal atividade era também a criação extensiva de gado.

Segundo Martins (1997) dois são os momentos de deslocamento progressivo, as frentes de expansão e frentes pioneiras, eis que o autor afirma que são faces e momentos distintos da mesma expansão. Esse primeiro momento, o da frente de expansão, os atores

buscam novas áreas para desenvolver atividades de subsistência com relação não-capitalista, ocupando espaços vazios. E o segundo momento da frente pioneira, é caracterizado pela relação capitalista de produção, em que as terras passam a ter valor e a produção passa a ser incorporada à economia de mercado. O autor afirma que esses não são propriamente conceitos, mas designações, que os pesquisadores reconhecem que estão diante de diferentes modos como os civilizados se expandem territorialmente.

As frentes pioneiras são também marcadas por um grave problema social, a superexploração, “[...] em face da necessidade de redução adicional do capital variável, isto é, do dispêndio em salários, a exploração do trabalho facilmente desliza para a peonagem e os mecanismos repressivos da escravidão por dívida” (MARTINS 1997, p. 102). São tiradas vantagens dos peões diante do conhecimento social e econômico que eles possuem, desvalorizando sua força de trabalho. Assim, a frente pioneira difere da frente de expansão por ser esta marcada pela contratualidade, indutora de uma mudança tanto espacial quanto social (MARTINS, 1997).

Nas décadas de 1940 a 1960 Goiás teve como projeto inicial o incentivo à criação de colônias agrícolas, como a Colônia Agrícola Nacional de Goiás (CANG), localizada em Ceres, que atraíram milhares de imigrantes e pequenos produtores excluídos procedentes do Sul e Sudeste do país. No caso de Goiás, a frente pioneira é marcada pela construção da ferrovia em 1920 (MIZIARA, 2006). Assim como as rodovias BR-040, BR-050, BR-070 e BR-242, que no século XX tornam-se conhecidas como de integração nacional e regional – BR-153, BR020, BR060, GO-118, GO164, TO220, TO-230 (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993), e que, associadas à expansão da fronteira agrícola, abriram possibilidade de uma mais genuína relação capitalista de produção. Nesse processo, tanto a pecuária extensiva, quanto a agricultura com notável produção de arroz, passa a se organizar para o mercado.

A época de maior expansão teve intervenção direta do estado com a Marcha para o Oeste, em 1943. Martins (1997) aponta essa época de grande crescimento econômico como época do chamado “milagre brasileiro”, os agentes da frente pioneira se deslocam por territórios novos, porém já ocupados com a frente de expansão. A ocupação na frente pioneira é apontada como proposta contraditória, por utilizar a agropecuária, atividade que utiliza pouca mão-de-obra e esvazia território. No mesmo período ocorria a finalização da construção da capital do Estado de Goiás, Goiânia, em 1942, situada em um centro geográfico do estado e do país e que auxiliaria na administração da economia do Sul Goiano, que mais crescia no Estado (ESTEVAM, 1998).

Miziara et al. (2008), em uma análise multitemporal realizada entre a década de 1940 à 1995 mostraram que regiões, como Goiânia, Anápolis, Catalão, Sudoeste de Goiás e Vale do Rio dos Bois, apresentavam pouca alteração no índice de ocupação do território pelas propriedades, resultado de um processo de ocupação mais antigo, assim, a frente pioneira já estava consolidada. Porém, ocorreram processos de reconfiguração desses espaços com a chegada da fronteira agrícola na década de 1970, caracterizada por Miziara (2006) como o terceiro momento no processo histórico de uso ocupação do solo de Goiás.

A modernização no Cerrado tornou-se mais evidente em 1970 com as frentes de expansão da fronteira agrícola, incentivadas por projetos do governo, tanto federal quanto estadual. Todavia, para entender a base propulsora para a expansão é necessário considerar a década de 1930, período em que o crescimento das cidades teve um ritmo mais acelerado (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993), lembrando que o território goiano sofreu influência de processos que estão além de suas fronteiras, processos como a modernização da agricultura, trazendo um fluxo migratório e ampliando a rede e relações do rural para o urbano.

Em 1930 iniciava-se a “Revolução Verde”, que tinha como objetivo contribuir para o aumento da produção e produtividade agrícola do mundo, por meio de melhoramento genético vegetal adequando as espécies vegetais ao solo, clima, e tornando as espécies mais resistentes às doenças e pragas, além do desenvolvimento de técnicas agrícolas modernas de correção do solo (BRUM, 1988). No entanto, a Revolução Verde começa a dar sinais de indutora de mudanças em diversas regiões do planeta em 1965, inclusive no Brasil, o que propiciou grande impulsão na expansão da fronteira agrícola.

Os impactos provocados pelas inovações científico-tecnológicas foram amplamente debatidos em conferências internacionais e começaram a ser largamente empregadas (mecanização, melhoramento genético de plantas, defensivos e adubos). No estado de Goiás ocorreu o desenvolvimento notável do capitalismo no campo a partir de 1964, quando a estrutura agrária tradicional sofreu ruptura, ampliando a concentração de terras (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993). Brum (1988) afirma que diferentemente de outros países, no Brasil a Revolução Verde não foi acompanhada de uma reforma agrária.

A agricultura é uma atividade que sempre necessitou de auxílio dos governos, assim no Brasil essa expansão da atividade veio por meio de incentivos, norteando a ocupação das áreas de Cerrado, com a criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), que em 1971 significou um grande avanço, auxiliando no desenvolvimento técnico-científico do setor. Discutindo a cerca desta temática Brum (1998) salienta ainda que havia influência direta e indireta dos centros internacionais na atuação desse órgão.

Em sequência à Revolução Verde o Governo Federal criou projetos de incentivos à expansão da fronteira agrícola, com os Planos Nacionais de Desenvolvimento. Para as áreas de Cerrado teve maior destaque o II Plano Nacional de Desenvolvimento (IIPND), em especial aos programas a este relacionados, como o Programa de Desenvolvimento das Áreas de Cerrado (POLOCENTRO) que vigorou de 1975 a 1979, além do Programa de Cooperação Nipo-Brasileira de Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER), conhecido como JICA (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993). Ambos foram dois programas do governo que merecem destaque por serem específicos para as áreas de Cerrado.

O POLOCENTRO foi instituído pelo Decreto Federal nº 75.320, de 29/01/1975, e tinha como objetivo promover o desenvolvimento e a modernização das atividades agropecuárias, abrangendo uma área de 785.472 Km² distribuídas em doze áreas que correspondiam à grosso modo, aos melhores relevos aplainados conhecidos como chapadas e chapadões (hoje as denominadas Superfícies Regionais de Aplainamento - SRA). Caracterizado como um dos mais ambiciosos programas regionais de modernização da agricultura, o principal meio de ação do programa foi o fornecimento de crédito rural subsidiado ao setor privado no seu espaço de atuação. O crédito subsidiado pelo projeto levou maior benefício aos proprietários de áreas acima de 500 ha que absorveram 76,5% dos recursos, promovendo concentração de renda no campo (JESUS, 1988).

O PRODECER teve origem de um acordo entre o governo japonês e brasileiro instituído em 1976, ainda período de atuação do POLOCENTRO. Foi um programa de exploração das áreas de Cerrado para a produção de grãos, com objetivo de atender o mercado externo, e a cultura que se tornou mais importante foi a soja (PIRES, 2006). Para Gomes e Teixeira Neto (1996, p.191) o desenvolvimento do capitalismo no campo produziu no Brasil uma ruptura radical na secular estrutura agrária do país, aumentando ainda mais a concentração da propriedade e meios de produção nas mãos de poucos proprietários, época que acelera o processo de expulsão dos camponeses de suas terras.

Mesmo diante de projetos com planejamento falho, de curta duração e diante de impactos sócio- econômicos, a expansão agrícola ganha força diante da infraestrutura associada aos Complexos Agroindustriais, voltados ao mercado interno e externo (*commodities*), e pressionam as cidades, as quais sofrem um inchaço no período.

No desenvolvimento dos programas, a pesquisa agropecuária desenvolvida pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e seu apoio estadual a Empresa Goiana de Pesquisa Agropecuária (EMGOPA) auxiliavam com assistência técnica aos produtores (JESUS, 1988). Assim como ocorria também em outros estados contemplados

pelos programas. Para Miziara (2006) o processo de ocupação é contínuo, ocorrendo em fases no processo histórico, alterando as realidades do uso das terras. Nesse período já havia ocupação das terras por pastagem, quando não se inseria primeiramente o gado para auxiliar no desmate e em seguida implantar a agricultura.

Em 1975 o governo dá início à política de substituição energética, lançando o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), em consequência de um período de crise no Brasil pelo preço elevado dos combustíveis fósseis (crise do petróleo de 1973), culminado na implementação do programa de produção de combustível extraído da cana-de-açúcar, o álcool (etanol). Paralelamente, ocorreu também a fabricação de carros movidos a álcool. Esse advento do PROALCOOL inaugurou uma etapa acelerada de construções de destilarias, tendo como meta prioritária usar o álcool substituindo os derivados de petróleo, quando o território goiano ainda era goiano-tocantinense e possuía 14 destilarias localizadas na sua região Centro-Sul, 7 na região Norte e 2 na região Nordeste (GOMES e TEIXEIRA NETO, 1993). Convém chamar a atenção para o fato de que na mesorregião Sul de Goiás a microrregião do Vale do Rio dos Bois foi a única contemplada com investimentos do PROALCOOL (SEPLAN, 1995).

O PROALCOOL foi um programa governamental que não atuou como fronteira agrícola e sim com áreas polo em pontos específicos, controlados e estabelecidos pelo governo, diferente do cenário atual diante de um setor que possui autonomia, e incentivos tanto internacionais, como do governo, fazendo com que a monocultura da cana-de-açúcar surja no formato de expansão de fronteira agrícola (MIZIARA, 2011).

Entre 1986/87 e 1995/96, segue-se uma desaceleração do setor induzida por várias causas, dentre elas a nova regulação internacional dos derivados de petróleo, os problemas de abastecimento regular no mercado de álcool para os veículos e medidas para controlar o consumo, dentre outros aspectos. Foi quando o governo reduziu os investimentos e consequentemente perdeu sua autonomia sobre a cultura e os canavieiros tiveram que buscar novas formas de se manter no mercado e tecnologias nesse período, conhecido como de desregulamentação do setor, que se estende de meados de 1980 até 2003 e durante o qual cessaram os subsídios e o IAA foi também extinto. Em 1995/96, no entanto, o setor retomou o crescimento, embora lentamente, com um mercado livre e com mais autonomia para os canavieiros.

Em 2004, diante de uma política internacional voltada para a produção de energia limpa e renovável, renovou-se o fôlego nacional e em especial do setor sucroalcooleiro para uma nova investida na expansão da área de cultivo da cana-de-açúcar e aumento do número de

usinas no país. Contribuíram os estudos de zoneamentos e aptidão pra identificar as terras disponíveis e seus *status* atuais, como o estudo desenvolvido pela ÚNICA/UNICAMP (2005), além de outros, munindo o setor e o governo de informações para subsidiar a tomada de decisões e posições a favor da produção de energia renovável, corroborando o cenário internacional.

Assim, o governo brasileiro, com o objetivo de fornecer subsídios técnicos para política pública na busca da expansão e produção sustentável de cana-de-açúcar, propôs o Plano Nacional de Agroenergia (PNA 2006-2011) e o Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar no território brasileiro (ZAE) (MANZATTO et al, 2009). E, novamente, o Centro-Sul do Cerrado é a área alvo do país para essa nova expansão canavieira, em que predominavam terras ocupadas por atividades agrícolas e pecuárias, porém com disponibilidade de terras, sobretudo de pastagens degradadas, segundo os citados estudos. Dá-se, portanto, nova institucionalização do setor canavieiro, que reconfigura, a partir de então, os cenários pré-existentes e herdados da moderna fronteira agrícola do século passado e novos tempos começam.

O estado de Goiás é um ambiente com aspectos físicos favoráveis à monocultura da cana-de-açúcar, como topografia, solos, clima e localização. Diante desses aspectos se torna alvo de investimentos tanto do Estado, quanto estrangeiros. O estado de Goiás está inserido numa das áreas mais degradadas do Bioma Cerrado (WWF, 2008) e de certo modo a reproduz na medida em que o Centro-Sul é a parte mais afetada. A questão ambiental atualmente é abordada nos projetos do governo, diante da perda incalculável de biodiversidade que já ocorreu e se torna mais evidente diante de um mercado que exige selo de qualidade, atrelado que está à questão da produção sustentável.

A expansão da monocultura da cana-de-açúcar é a nova face da frente de expansão no Brasil, cujo principal objetivo é produção de biocombustível. E novamente a área de Cerrado é alvo dessa expansão, uma reconfiguração do território. Segundo Pietrafesa et al. (2010), a expansão da indústria canavieira marca o que esses autores denominaram de terceira “marcha para o oeste brasileiro”, que provoca mudança da paisagem, na região do bioma Cerrado, e se caracteriza como grande contradição que o país vive nas relações sócio-econômico-ambientais.

Em síntese, faz-se necessário estudos que auxiliem no entendimento desse novo cenário de uso ocupação das terras, com vistas a minimizar os impactos socioambientais.

2.2 Expansão e a Questão Ambiental da Monocultura da Cana-de-açúcar

2.2.1 Cana-de-açúcar: Origem e Ambientes de Produção

A cana-de-açúcar é uma planta da família das gramíneas, com o nome científico de “*Saccharum spp*”. A sacarose é a substância mais importante encontrada na cana-de-açúcar, além de ser uma planta considerada altamente eficiente na atividade fotossintética. “As principais espécies surgiram na Oceania (Nova Guiné) e na Ásia (Índia e China) e as variedades cultivadas no Brasil e no mundo são híbridos multiespecíficos” (DIOLA e SANTOS, 2010, p.25).

Para o bom desenvolvimento da planta é necessário levar em conta variáveis físicas do ambiente, como clima, solos, disponibilidade hídrica e topografia que influenciam no tipo de manejo que vai ser empregado no trato agrícola. A cana-de-açúcar é considerada uma planta semi-perene, seu plantio é realizado em geral a cada cinco anos, quando os canaviais são reformados. O clima tropical é o clima favorável para a plantação e o desenvolvimento da cana-de-açúcar, pois a planta em seu ciclo de vida precisa de estação longa, quente, com alta incidência de radiação solar e umidade adequada, para a brotação, variando de 32° a 38°. Para o amadurecimento temperaturas mais baixas são desejáveis, pois tem influência notável na elevação da sacarose (DIOLA e SANTOS, 2010).

Os solos para o cultivo dependem de condições físicas e químicas favoráveis à nutrição mineral da planta, além da profundidade de 80 - 100cm para receber o enraizamento. A produtividade dessa cultura é excelente quando cultivada em solos com pH entre 7 e 7,3, apesar dela se desenvolver bem em solos com pH 5,5 a 6,5, exigindo correção por calagem e posteriormente adubação (MAPA, 2007). As classes de solos aptas ao plantio podem variar, porém os mais aptos são os solos aluviais, os de relevos planos, profundos, porosos, férteis, situados em terrenos de até 12% de declive (limite para colheita de cana verde mecanizada), com boa disponibilidade hídrica (MANZATTO et al, 2009).

A disponibilidade hídrica é fundamental para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar, a qual apresenta um elevado consumo de água, quando a área de plantio não possui disponibilidade favorável, demandando irrigação artificial, ao menos no primeiro trimestre quando o plantio se dá pouco antes do início da estação seca, embora a cana-de-açúcar apresenta boa resistência ao déficit hídrico, pois seu sistema radicular adapta-se às condições de estresse hídrico no solo (OLIVEIRA et al, 2010).

O planejamento agrícola para o plantio da cana envolve questões técnicas, como o zoneamento edáfico ou de solos (conhecido como classificação em ambientes de produção),

da topografia (sobretudo viabilidade de colheita mecânica), das características climáticas da região (temperatura, precipitação, luminosidade, fotoperíodo, balanço hídrico, ocorrência de geadas) (MARGARIDOS e SANTOS, 2010). A escolha da variedade a ser plantada é feita para cada ambiente de produção, segundo o tipo de solo e clima. No plantio é necessário um planejamento que leva em conta etapas relacionadas ao ambiente de produção, além de variedades, época de plantio, definição do espaçamento e profundidade do sulco.

O Instituto do Alcool e Açúcar (IAA) época do PROALCOOL, foi importante para o desenvolvimento tecnológico da fabricação do biocombustível. Após sua extinção surgiram outros institutos que trabalharam no Brasil com o melhoramento genético da cana-de-açúcar criando novas variedades da planta, como o Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) e o Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), e mais recentemente a Rede Interuniversitária para o Desenvolvimento do Setor Sucroalcooleiro (RIDESA), (ARAÚJO e BARBOSA, 2010). Em 2006 foi criada também a EMBRAPA AGROENERGIA situada em Brasília (DF).

Diante das pesquisas e das variedades desenvolvidas aptas a se adaptarem a diferentes ambientes, o Brasil tornou-se um país preparado tecnologicamente para a produção do biocombustível etanol da cana-de-açúcar e o estado de Goiás vem se tornando o foco atual da expansão, juntamente com Mato Grosso do Sul, devido oferta de terras aptas, disponibilidade hídrica (FERRAZ, 2013) e logística (MIZIARA, 2006; CASTRO et al, 2010).

2.2.2 Processo Histórico da Cadeia Produtiva da Cana-de-açúcar no Brasil

A cana-de-açúcar teve sua entrada no Brasil no século XVI, começo do período colonial, e tornou-se a base da economia através da produção do açúcar (CASTRO, 1995). A agromanufatura do açúcar foi uma atividade desenvolvida no espaço brasileiro, visando exportação do açúcar para o continente europeu. A produção de cana é uma das mais antigas atividades econômicas do Brasil, sendo produzida até os dias atuais, embora tenha passado por fases diversas nesses quase 500 anos de história.

No processo histórico do Brasil a cana teve e tem significativa importância, ocupando áreas da Zona da Mata Nordestina, onde prevaleceu por um longo tempo, até meados da década de 1970, quando se expandiu para a região do Sudeste e em particular o estado de São Paulo, que passou a liderar a produção, e ainda hoje é detentor de cerca de 60% da produção nacional (MAPA, 2007).

Em meados do século XIX a produção do açúcar já não era tão expressiva, se destacando no período a produção do café. Com o intuito do melhoramento da produção da

cana-de-açúcar foi preciso investimento em maquinário, pois a produção era arcaica, o que dificultava a competitividade no mercado internacional e outros países se tornaram mais competitivos. No entanto, mesmo diante de investimento a produção continuou à margem da economia (SZMRECSÁNYI, 1990). O IAA enquanto durou foi fundamental no desenvolvimento de tecnologia para a produção de álcool combustível derivado da cana-de-açúcar, o etanol, que acabou se tornando uma alternativa durante a crise do petróleo, quando o Brasil cria o Programa do Álcool (PROALCOOL) que vigorou de 1975 a 1979, como já exposto. No entanto, foi um programa curto diante de problemas nos motores desenvolvidos.

Após o PROALCOOL e o IAA serem extintos, os produtores passaram por uma fase de busca de autonomia para manter a produção, período esse que se estende de 1980 até meados de 2003. Observa-se que o setor em 1995/96 apresentava um pequeno crescimento, mas com um mercado livre e com mais autonomia para os canavieiros (SEPLAN, 1995). Após o pequeno período de estabilização, o novo ciclo de expansão começou e prosseguiu até as últimas safras, quando o Centro-sul do país em 2004 já se destacava como maior área de expansão, cobrindo 4,2 milhões de hectares (INPE, 2010).

A produção da cana-de-açúcar no Brasil passou por ciclos Colonial, Proálcool e o Recente. E está ganhando um notável impulso no mercado nacional e internacional, jamais vivido anteriormente, diante de fatores importantes para a economia global em consequência da crise ambiental. O valor do álcool combustível vem crescendo, segundo apontam estudos realizados por Macedo (2005), que também chama a atenção para o fato de que no período PROALCOOL os custos de produção do álcool estavam em torno de metade do preço médio do petróleo e muito abaixo do preço da gasolina no mercado internacional.

A recente expansão canavieira influenciada por um contexto e discurso ambiental em todo o planeta em torno da questão da emissão de gases de efeito estufa (GEE) e do risco de esgotamento das reservas de petróleo do planeta. Almeida et al (2007, p.32) afirmam que “A geração de energia e calor a partir da queima de combustíveis fósseis contribui atualmente com 40% das emissões de CO₂”. Diante de investimentos do setor privado internacional na produção de energia limpa, ou mesmo o intuito de investimento no mercado de crédito de Carbono, a cana reveste-se da posição alternativa para dar um grande impulso à economia brasileira, justificando as ações para sua expansão no Brasil.

Nesse sentido, o Plano Nacional de Agroenergia (PNA 2006-2011), MAPA (2006) reúne ações estratégicas e Diretrizes de Políticas de Agroenergia com objetivo da promoção do desenvolvimento sustentável, além de estimular a competitividade do agronegócio em benefício da sociedade brasileira a partir de 2006, disciplinando-o até 2011. Essa foi a

resposta do Governo Federal brasileiro diante do novo cenário de transformação da matriz energética no mundo. O próprio mercado interno se alimenta da tecnologia do *Fuel Flex* em que o motor do automóvel se ajusta de acordo com o combustível, gasolina ou álcool (ÚNICA, 2007).

No PNA (2006-2011), o Governo teve como estratégia propiciar incentivos à pesquisas, consórcio de Agroenergia, propondo até mesmo a criação de uma Embrapa Agroenergia, para o desenvolvimento do setor sucroalcooleiro no Brasil. O governo atribui incentivos tendo em vista a viabilidade econômica da produção da bioenergia e o bom aproveitamento que pode ser feito dos resíduos da cana para fins energéticos, como com o bagaço que permite a geração de etanol por hidrólise enzimática, além da energia nas formas térmica, mecânica e elétrica. A fertirrigação com a vinhaça, líquido residual do processamento e destilação da cana, e a torta de filtro, resultante da fabricação do açúcar, são utilizados cada vez mais como adubos na própria cana.

O Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (ZAE) (MANZATTO et al, 2009), elaborado com o objetivo de indicar as terras com aptidão potencial alta a média para seu cultivo, indica um total aproximado de 100 Mha disponíveis no país, sendo 12 Mha para Goiás, considerando inaptas ao plantio apenas a Amazônia, o Pantanal e Bacia do Alto Paraguai (MACEDO, 2005).

Castro et al (2010) chamam a atenção para o fato dos estados de MT, MS e GO não terem despertado grande interesse na fase do PROALCOOL, devido principalmente à insuficiente logística e a distância dos principais centros consumidores, mas que agora vem sendo alvo da *corrida da cana*, devido terem superado essas limitações e antropizado rapidamente suas paisagens. Essas novas áreas estão sendo usadas para atender às necessidades, sobretudo, de produção do álcool para exportação, mas continuam concentradas na região Centro-Sul do país em terras antes com ocorrência de Cerrado, este representando a maioria da área disponível no país, no estado de Goiás, que contem 4 das 8 zonas eleitas como as mais aptas para a expansão canavieira nas terras desse Bioma (MACEDO, 2005).

O Centro-Sul do país apresenta área apreciável para a expansão da cana-de-açúcar, avaliado em seus fatores físicos, principalmente clima, topografia e localização (considerando a logística). Essa área possui uma variável que foi levada em conta, as culturas já desenvolvidas na área, que dá uma prévia do potencial agrícola. Mesmo que o ZAE aponte as pastagens degradadas como áreas prioritárias para a expansão, Abdala e Castro (2010) apontam em estudos realizados na Microrregião do Meia Ponte que ocorre substituição das áreas de grãos pela cana, e as áreas de grãos passaram a ocupar as pastagens, que por sua vez

migraram para as áreas do Norte do Estado. Na microrregião de Mineiros foi identificado por Silva e Castro (2011) o mesmo padrão de substituição. Esse comportamento de mudanças de uso do solo já fora observado antes por Nassar (2008), inclusive chamando a atenção que essa tendência dominava em Goiás e que já mudara nos demais estados do país e do Centro Oeste, em especial.

Estudos apontam, no entanto, que essa expansão também pode estar avançando sobre áreas ainda ocupadas com florestas nativas (WWF, 2008). O planejamento do uso dos recursos hídricos, ocupação territorial e monitoramento da expansão da atividade são expostos como pontos fundamentais como subsídios técnicos adequados para a tomada de decisão em planejamentos. Ferraz (2012) alerta que a região do Centro-Oeste possui potencial para a expansão da cultura da cana-de-açúcar, mas se faz necessário orientar esforços para a promoção do desenvolvimento sustentável da atividade canavieira.

O uso agrícola intensivo e prolongado das terras pode provocar impactos nos solos, afetando o equilíbrio do ambiente. Há o risco de disponibilidade hídrica, que pode ser afetado diante da demanda crescente. A sustentabilidade advém do equilíbrio de variáveis do ambiente, e há variáveis sensíveis e diante a intervenção humana pode ocorrer impactos irreversíveis, sendo preciso refletir sobre a sustentabilidade dessa atividade.

2.2.3 Cana-de-açúcar e a Crise Ambiental

A agricultura é uma das principais atividades econômicas do Brasil, ocorrendo em uma heterogeneidade de ambientes naturais, favoráveis a produção das mais diversas culturas. Almeida (2007) afirma que a heterogeneidade é sinônimo de equilíbrio nos ecossistemas, mas ainda assim os impactos podem manifestar-se de diversas formas.

O impacto ambiental refere-se à alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocada por ação humana (SÁNCHEZ, 2008). A Resolução Conama 001/1986 define impacto ambiental como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente e, a qualidade dos recursos ambientais. Propõe ainda que a avaliação desses impactos seja realizada através de critérios de importância dos prováveis impactos relevantes, discriminando: os impactos positivos e negativos (benéficos e adversos), diretos e indiretos, imediatos e a médio e longo prazo, os

temporários e permanentes; seu grau de reversibilidade; suas propriedades cumulativas e sinérgicas e a distribuição dos ônus e benefícios sociais.

Ao nos remetermos novamente à Sanchez (2008), os impactos, quanto à sua origem, referem-se à causa ou fonte do impacto. Por isso, são classificados como diretos ou indiretos. Adicionalmente, o autor define como impacto direto aquele que decorre das atividades ou ações do empreendedor, ou por empresas por ele contratadas ou que por eles possam ser contratadas; e, como indiretos aqueles que decorrem de um impacto direto, ou seja, impactos de segunda e terceira ordem, sendo difusos e em áreas geográficas mais extensas.

Na questão da atividade canavieira os impactos podem ocorrer tanto nas condições físico-ambientais como nas socioambientais. Para Ferraz (2012) a problemática ambiental ensejada pela expansão canavieira sobre as áreas do Cerrado brasileiro representam nítidas limitações relacionadas, principalmente, ao déficit hídrico sazonal e ressalta a sobre-exploração das disponibilidades hídricas e também o risco à contaminação dos mananciais.

Os impactos no meio ambiente provenientes da cultura da cana estão relacionados aos efeitos no ar e no clima, no uso do solo, biodiversidade, conservação do solo, recursos hídricos e uso de defensivos e fertilizantes (MACEDO, 2005). A produção de energia por meio da biomassa pode contribuir na questão ambiental de redução dos gases de efeito estufa, visto que a emissão dos gases é anulada pelo sequestro de carbono que ocorre na formação da própria biomassa (ALMEIDA, 2007). Esse é um caso de impacto direto, e positivo ao ambiente, outro seria o potencial que a cana-de-açúcar possui de recuperação de solos degradados.

Na atualidade, os cultivos da cana-de-açúcar estão mais intensos e com aparatos tecnológicos mais apropriados do que na fase do Proálcool. A utilização da motomecanização em todas as etapas do ciclo de vida da cana-de-açúcar é uma forte evidência da intensificação da tecnologia na produção, além do uso de produtos químicos como pesticidas, herbicidas e fertilizantes (agrotóxicos). Assim, todos podem provocar impactos diretos e negativos ao ambiente. Quanto à possibilidade da expansão sobre o bioma Cerrado, Macedo (2005, p.31) mostra que “a expansão agrícola nos últimos quarenta anos deu-se principalmente sobre áreas de pastagens degradadas e “campos sujos” e não nas áreas de florestas”.

Na atualidade, devido o cultivo ser oneroso, vem ocorrendo substituição de culturas tradicionais, sobretudo de grãos que ocupavam os melhores solos, portanto em ambientes favoráveis ao uso intensivo. Mas, pouco se sabe sobre o avanço da cultura em áreas florestadas, como reservas legais e áreas de preservação permanente sobretudo as de matas

ciliares e de galeria existentes ainda em grandes planícies dos principais rios da região produtora de Goiás.

2.2.4 A Paisagem como Subsídio à Análise das Mudanças Têmporo-Espaciais.

A geografia utiliza-se constantemente de dados das ciências exatas, naturais e humanas, constituindo o seu corpo de estudos básicos e seu papel fica no preencher o vazio que existe entre os fenômenos físicos e humanos do planeta (MENDONÇA p.16, 2001). Tratar das questões que relacionam sociedade e natureza, é um desafio, visto que o ser humano vem do meio natural, possui necessidades básicas nesse meio como ser biológico, e ao mesmo tempo é um agente transformador.

A ciência geográfica trabalha com diversos conceitos para fundamentar suas pesquisas. O conceito paisagem é trabalhado diante de diversos métodos e análises, seu histórico está ligado diretamente a própria história da Geografia, dado que é tido em princípio como principal objeto de estudo da ciência geográfica. Humboldt foi um dos principais teóricos a estudar paisagem abordando-a como fisiologia, diante das diversidades de coisas no espaço e no tempo (VITTE, 2007). Como a paisagem tem uma associação ligada à apreensão do que é visto pelo observador, consequentemente está intimamente ligada às formas.

Paisagem surge a partir de uma palavra alemã, *Landschaft* – Paisagem (TROLL, 1996), o estudo da paisagem é realizado do ponto de vista ecológico. Segundo Bertrand (2004) paisagem é um termo cômodo de ser utilizado, sendo assim importante não utilizar o conceito na análise de simples adição de elementos geográficos disparatados. Segundo ele, Paisagem é constituída de formas, feições que são captadas pelo olhar. Santos (1994) define paisagem como “tudo aquilo que nós vemos, o que nossa visão alcança, é a paisagem. Esta pode ser definida como o domínio do visível, aquilo que a vista abarca” (SANTOS, 1994, p61). Ao realizar o estudo de uma paisagem é necessário abordar as diversas variáveis que a compõe, e entender que existe uma dinâmica realizada por componentes dessa paisagem que interagem mantendo-a e até mesmo reconfigurando-a.

Para Bertrand (2004), o problema do método esta ligado ao estudo de uma paisagem, visto que conceito pode ser abordado em diferentes análises. Para Geografia, além de ser um conceito que acompanha o desenvolver dessa ciência que está em constante debate sobre seu objeto de estudo, é um conceito que perpassa por abordagens filosóficas e método de análise, e que não se limita apenas à descrição.

Na ciência geográfica os conceitos sempre se fizeram importantes para as análises, “teorizar sobre a ciência geográfica equivale a procurar caminhos para entendermos o fenômeno geográfico (SANTOS, p95, 1994)”. Assim como a geografia utiliza em suas análises diversas conceituações, também possui temáticas, como a geografia física considerada uma temática por Mendonça (2001). E a utilização do conceito paisagem também possui um contexto e uma ampla abordagem na temática geografia física. Uma determinada paisagem possui um contexto de variáveis sendo necessária aborda-las para compreensão da diversidade, tanto diante das ações endógenas, como exógenas, “(...) como um conjunto inter-relacionado de formações naturais e antroponaturais podendo-se relaciona-la como, um sistema que contém e reproduz recursos (RODRIGUES *et al*, p18, 2007)” .

A ciência Geografia está sempre pensando relações, processos naturais e sociais, sendo necessário haver a correlação dos dois processos no planeta, por questões básicas como a sobrevivência da humanidade. “As utopias dos séculos XVIII e XIX – especialmente o socialismo e o marxismo – não levaram em consideração a dimensão ecológica em sua plenitude” (VESENTINE, p19, 1997). O crescimento econômico da sociedade, não levando em conta as degradações no meio ambiente, faz emergir a necessidade de repensar a problemática ecológica, principalmente diante do condicionamento da vida do ser humano no planeta, que possui dependência dos recursos naturais que são finitos.

Com auxílio de tecnologias a cartografia passa a ser um importante instrumento para o desenvolvimento de estudos, possibilitando uma análise da paisagem por meio de imagens de satélites, segundo Rodrigues *et al*. (2007), serve de apoio para planejamento e gestão territorial. O geógrafo tem ampliada a possibilidade de leitura da paisagem, a cartografia possibilita a aplicação do desenho ambiental da configuração espacial da paisagem.

No Brasil um pesquisador que contribuiu para o estudo das paisagens naturais foi Aziz Ab’Saber (2003), seus trabalhos destaca-se o estudo dos diversos domínios naturais que compõem o território brasileiro, contribuindo para os avanços dos estudos geoambientais no Brasil, abrangendo em suas análises a Ecologia, Geologia, Biologia, Planejamento e até Política.

A vegetação como importante aspecto na leitura da paisagem, é também uma variável importante que auxilia o reconhecimento de outras variáveis no ambiente, como: tipos de solos, disponibilidade de recursos hídricos, clima “Alexandre von Humboldt, foi o primeiro a reconhecer, por meio de observações sistemáticas, a importância da vegetação na característica da paisagem (SAUER, p54, 1950)”. O Brasil possui em seu território 5 biomas:

Floresta Amazônica, Cerrado, Mata Atlântica e de Araucária, a Caatinga o Pantanal e os Campos Sulinos Ribeiro *et al*, (2008).

Com o processo de intenso uso ocupação provocado pela expansão da fronteira agrícola o Brasil apresenta grandes mudanças na cobertura do solo e perda incalculável de biodiversidade. O Cerrado está localizado essencialmente no Planalto Central do Brasil e é o segundo maior bioma do país em área, apenas superado pela Floresta Amazônica (RIBEIRO e WALTER, 2008). Esse bioma esta localizado em zona de expansão da fronteira agrícola que vem desde a década de 1970 promovendo intensas transformações em suas paisagens.

A reconfiguração de uma paisagem mesmo que já possua um alto índice de antropização traz a tona, questões com ênfase na morfologia e dinâmica, sobretudo com relação aos recursos naturais importantes para a manutenção da vida humana no planeta além do banco de diversidade biológica que ainda existe no espaço a ter essa rápida modificação da paisagem. O retrato histórico-cartográfico e a análise é um estudo permite contribuições à ciência e mesmo à sociedade que além de coexistir é parte atuante na dinâmica que se dá de transformação da paisagem.

A mudança da paisagem ocorre em diversos níveis organizacionais, impulsionado por diversos fatores, se fazendo sempre necessário uma investigação para compreender a dinâmica de transformação e seus impactos, principalmente por ser o sistema econômico o principal propulsor dessas mudanças, provocando impactos negativos em paisagens naturais. Isso é, se ainda pode-se falar em paisagem natural. Vitte (2007) alerta sobre o distanciamento do ser humano da natureza e a confusão feita diante de processos considerados naturais, por meio do pensamento científico, vendo como natureza o que na verdade é desnaturalizado. A importância de compreender a paisagem em um contexto histórico, se justifica, pois, a paisagem não se cria de uma só vez, mas por acréscimo ou mesmo substituição (SANTOS, 2004). E os fenômenos que ocorreram no passado, não necessariamente ocorrerão no presente, pode ser com intensidade ou forma diferente reconfigurando o espaço e construindo uma nova paisagem.

CAPÍTULO III – METODOLOGIA DA PESQUISA

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, a metodologia é formulada com base em revisão bibliográfica, priorizando a literatura relacionada diretamente com as metodologias para estudo das mudanças de uso das terras e impactos diretos e indiretos decorrentes, aplicados ao tema estudado, o da expansão canavieira acelerada na MRVRB. Considerando a proposta de estudar a expansão canavieira, a principal ferramenta que instrumentalizou a análise, foi os SIG – Sistema de Informação Geográfica - que possibilitaram a manipulação de dados e aplicação de métodos para caracterizar espacialmente os atributos do meio físico, biótico e socioeconômico e fenômenos decorrentes.

3.1 Produção Cartográfica

Para caracterização dos atributos do meio físico da área foram compilados mapas temáticos básicos e organizados, tais como: Geologia, Geomorfologia e Pedologia, na escala 1:250.000. Os *shapefiles* foram compilados de forma gratuita da base de dados do Sistema Estadual de Estatística e de Informações Geográficas (SIEG) de Goiás e os dados foram organizados no Software *ARCGIS*. Na elaboração do mapa hipsométrico e da declividade foi utilizado o *Shuttle Radar Topographic Mission* (SRTM), extraído da base de dados do TOPODATA do INPE, com auxílio dos softwares *ENVI* e *ARCGIS*.

A erodibilidade foi elaborada com base no mapa de solos aplicando-se os índices de erodibilidade adaptados de Salomão (1999) conforme a Quadro 4, e adaptando-se a nomenclatura ao Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006). Em seguida correlacionou-se as classes de erodibilidade com as classes de solos e atribuiu-se categorias que variaram de muito alta a muito baixa erodibilidade numeradas de I a V, respectivamente.

Quadro 4. Classes de Erodibilidade.

Classes de Erodibilidade	Índices Relativos de Erodibilidade	Unidades Pedológicas
--------------------------	------------------------------------	----------------------

I	10,0 a 8,1	Cambissolos, Neossolos Litólicos Nitossolos, Argissolos com textura arenosa média e Neossolos
II	8,0 a 6,1	Nitossolos, Argissolos não abruptos, textura média/ argilosa, e textura média
III	6,0 a 4,1	Argissolos de textura argilosa
IV	4,0 a 2,1	Latossolos de textura média e argilosa
V	2,1 a 0	Gleissolos

Elaboração: Rodrigues, 2013

Fonte: Adaptado de Salomão 1999.

A erosão hídrica é um importante impacto direto da cultura canavieira. Por erosão hídrica entende-se que é o processo de desagregação e remoção de partículas do solo ou fragmentos e partículas de rochas, pela ação combinada de gravidade com a água principalmente da chuva, gerando enxurrada (SALOMÃO et al, 2005). A erodibilidade depende dos atributos do solo, em que a textura é um atributo muito importante por promover a agregação do solo e maior resistência aos processos de erosão. O potencial de erosão varia em função dos atributos do solo e da paisagem. Nesse sentido, um zoneamento da paisagem pode auxiliar na compreensão dos condicionantes que favorecem ou não aos impactos erosivos, como a compartimentação morfopedológica (CASTRO e SALOMÃO, 2000).

A Compartimentação Morfopedológica foi elaborada a partir da proposta de Tricart e Kilian (1978), adaptada por Castro e Salomão (1999) que visa delimitar áreas homogêneas produzidas pela convergência dos atributos do substrato rochoso, do relevo e dos solos que configuram uma dada fisiografia da área e caracterizam a paisagem. A delimitação dos compartimentos morfopedológicos foi feita com base na correção espacial positiva entre os dados cartográficos organizados, criando-se um novo *shapefile*, no software *ARCGIS* (HERMUCHE, GUIMARÃES e CASTRO, 2009). Cada compartimento foi representado por um perfil topográfico representativo, elaborado com base no SRTM e no software *GLOBAL MAPPER*.

Por fim, correlacionou-se o mapa dos compartimentos morfopedológicos com o do uso das terras de modo a identificar qual deles concentrava a maior atividade agropecuária, destacando-se os condicionantes favoráveis.

Os mapas de uso e ocupação do solo em série espaço-temporal da área foram confeccionados a partir de imagens do satélite Landsat TM5, disponibilizadas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) para os anos de 1985, 1995, 2005 e 2010, de órbita/ponto 222/72 e 223/72 do mês de Junho, por permitir uma boa identificação das áreas de cana, assim como feito pelo CANASAT do INPE (2009). As imagens foram trabalhadas na

composição colorida tipo R(5), G(4), B(3). A imagem de 2013, também de Junho, foi procedente do satélite Landsat-8 OLI/TIRS, da órbita/ponto 222/72 e 223/72 com resolução espacial de 30m, nas bandas utilizadas para composição colorida RGB – 654 que corresponde à mesma composição colorida da Landsat TM5.

Montado o banco de dados com as imagens, procedeu-se ao registro da imagem (georreferenciamento) com base em imagens Geocover, no Software *ENVI*. Praticamente todo o processo de confecção dos mapas foi executado no software *SPRING*. Inicialmente procedeu-se à segmentação, com o método de Crescimento de regiões, no qual divide-se a imagem em regiões que devem corresponder às áreas de interesse da aplicação. Entende-se região como um conjunto de pixels contíguos, que se espalham bidirecionalmente e que apresentam uniformidade. Após esta etapa, procedeu-se à classificação da imagem em classes distintas, no mesmo software. Terminado o processo de classificação, os mapas foram exportados para o formato *shapefile*, onde passaram pela última etapa, já no software *ARCGIS*, de classificação visual propriamente dita, onde cada polígono gerado em cada mapa é classificado conforme a respectiva imagem ao fundo. Para tanto foi utilizada chave de classificação com base em Ribeiro e Walter (2008), conforme Quadro 5.

Na classificação dos polígonos com cana-de-açúcar foi utilizada a metodologia do CANASAT elaborada pelo INPE (2009), que também utilizou para o mapeamento imagens Landsat TM5, e com o método de classificação supervisionada, com fotointerpretação talhão por talhão.

A elaboração do mapa de aptidão agrícola das terras seguiu as orientações do quadro guia para avaliação proposto por Ramalho Filho e Beek (1995), cujo método de interpretação se apoia nas características físico-ambientais do solo, relevo, clima e vegetação. A elaboração necessita de variáveis físicas específicas, e é gerada a partir do cruzamento dos mapas de textura, declividade, profundidade dos solos, drenagem e áreas inundáveis, e foi elaborado no software *ARCGIS*. Os parâmetros estabelecidos para a avaliação da aptidão agrícola das terras contemplaram: Níveis de manejo; Grupo de aptidão agrícola e Classes de aptidão agrícola.

Quadro 5. Chave de interpretação adotada para classificação da imagem.

Classes de Formações	Classes de Uso	Características			
		Textura	Tonalidade	Porte	Aspectos Associados
Formação Campestre	Campo Limpo	Lisa, homogênea	Arroxeados/	Baixo	Curso d'água

			Preto		
	Campo Sujo	Fina com grânulos	Verde médio/rosa	Baixo	Formas irregulares, Árvores Irregulares.
	Cerrado Ralo	Grossa	Verde Claro	Baixo	Árvores isoladas
Formação Savânica	Cerrado Denso	Homogêneo	Verde Médio	Médio / Alto	Formas irregulares
	Cerradão	Grossa	Verde Escuro	Alto	Formas irregulares
Formação Florestal	Mata Ciliar	Homogêneo	Verde Médio	Alto	Fundo de Vale; Curso d'água
-	Agricultura	Fina/ Aveludava/ Granular	Rosa, Verde Claro	Rasteiro	Formas Geométricas, Pivôs
-	Pastagem	Fina/ Homogênea/ Aveludada	Clara com algumas variações	Baixo	Geométricos/ Trilhas/ Áreas Isoladas/ Áreas Rebaixadas e Fundos de Vale
-	Área Urbana	Grossa	Cinza Claro/Médio		Formas Geométricas/ Arruamentos

Elaboração: Rodrigues (2013)

Fonte: Adaptado de Ribeiro e Walter (2008)

Níveis de manejo - Foram considerados para a área os Níveis de manejo B e C. O nível de manejo B é caracterizado pela aplicação de capital e de resultados de pesquisa para manejo, auxiliando no melhoramento e conservação das condições das terras. E o nível de manejo C é caracterizado uso intenso de capital e resultados de pesquisa para manejo. A motomecanização se encontra presente nas diversas fases da operação agrícola. O nível de manejo A não foi contemplado na área, pois é caracterizado por não haver aplicação de capital para manejo, melhoramento e conservação das condições das terras e das lavouras.

Grupos de aptidão agrícola são 1, 2, 3, e correspondem à lavouras como tipo de uso das terras. Os grupos 4,5 e 6 correspondem à pastagem plantada, silvicultura e/ou pastagem natural e preservação da flora e fauna respectivamente.

Classes de aptidão agrícola – são classificadas por análise comparativa dos graus de limitação atribuídos as terras, tipo de utilização e o nível de manejo. A simbologia correspondente está no Quadro 6.

Quadro 6. Simbologia correspondente às classes de aptidão agrícola das terras.

Classe de aptidão agrícola	Tipo de utilização			
	Lavoura	Pastagem Plantada	Silvicultura	Pastagem Natural
	Nível de manejo A B C	Nível de manejo B	Nível de manejo B	Nível de manejo A
Boa	A B C	P	S	N
Regular	a b c	p	s	N
Restrita	(a) (b) (c)	(p)	(s)	(n)
Inapta	- - -	-	-	-

Ramalho e Beek (1995)

O quadro 7 apresenta as características interpretadas para a área de estudo, segundo os níveis de manejo, grupos e classes de aptidão agrícola. Convém observar que a classificação envolve certa subjetividade, mesmo diante dos atributos físicos levantados para a avaliação da aptidão agrícola da área.

Quadro 7. Simbologia da classificação da aptidão agrícola das terras

Subgrupo	Caracterização
1Bc	Terras com BOA aptidão para lavoura no nível de manejo C, REGULAR no B e INAPTO no A
2(b)C	Terras com BOA aptidão para lavoura no nível de manejo C, RESTRITA no (b) e Inapta no A
2bc	Terras com REGULAR aptidão para lavoura no nível de manejo b e c e INAPTA no A
4P -	Terras com BOA aptidão para pastagem plantada
4p	Terras com REGULAR aptidão para pastagem plantada
5Sn	Terras com BOA aptidão para silvicultura e REGULAR para Pastagem Natural
5s(n)	Terras com REGULAR aptidão para silvicultura e RESTRITA para pastagem natural
6	Terras INAPTAS ao uso

Elaboração: Rodrigues (2013)

Fonte: Adaptado de Ramalho e Beek (1995)

A análise comparada entre a aptidão agrícola com aquela apresentada no Zoneamento Agroecológico da Cana-de-açúcar (MANZATTO et al, 2009) e sua distribuição ao longo do período considerado, permitiu uma classificação subdividida em três classes de aptidão agrícola (alta, média e baixa) discriminadas por tipo de uso atual predominante (Ag – Agropecuária, Ac – Agricultura e Ap – Pastagem). Os dados compilados foram recortados para a área de estudo utilizando o *ARCGIS*.

Quanto aos remanescentes das áreas de preservação permanente (APP) de canais de drenagem, aplicou-se o Código Florestal reformulado recentemente. Assim, foram adotadas as métricas contidas no Art.4º. da Lei nº 12.727, de 2012 sendo as APP delimitadas em faixas marginais de cursos d'água naturais perenes e intermitentes, excluídos os efêmeros, desde a borda da calha do leito regular, em largura mínima de:

- a) Trinta metros, para o curso d'água com menos de dez metros de largura;
- b) Cinquenta metros, para o curso d'água com dez a cinquenta metros de largura;
- c) Cem metros, para o curso d'água com cinquenta a duzentos metros de largura;
- d) Duzentos metros, para os cursos d'água com duzentos a seiscentos metros de largura;
- e) Quinhentos metros, para os cursos d'água que tenham largura superior a 600 metros;

Para a definição das APP foram utilizadas as drenagens representadas na escala 1:100.000, nos mapas topográficos disponíveis site do IBGE, refinadas para a escala de 1:50.000, utilizando a imagem Landsat georreferenciada. No software *ARCGIS* foi utilizada a ferramenta *buffer*, aplicada nas drenagens, segundo as métricas estipuladas pela legislação, extraíndo do uso das terras e remanescentes, as APP.

Com a finalidade de localizar e quantificar o uso indevido em APP por atividades agrícolas (com ênfase no cultivo de cana-de-açúcar) e pecuárias foi executada a superposição do mapa de uso das terras com o de remanescentes. Para quantificação de áreas, procedeu-se por contagem percentual de acordo com a categoria e o tipo de uso.

3.2 Validação dos Dados em Campo

Na classificação supervisionada, etapa final da elaboração dos mapas de uso do solo e remanescentes do Cerrado, a imagem pode apresentar alguma confusão espectral (uso e cobertura com a mesma refletância seja pela densidade, estágio fenológico etc). Em consequência, as classes que compõem cada formação classificada e suas particularidades quanto à textura, tonalidade, porte, aspectos associados, conforme descrito por Ribeiro e Walter (2008), foi necessária a validação do mapa de uso do solo e cobertura vegetal de 2013 em campo, o qual foi realizado em 2013, para correlacionar as classificações realizadas com a verdade terrestre, confirmando ou reclassificando as que foram classificadas incorretamente. Os demais anos tiveram suas generalizações a partir do mapa validado.

Na área da pesquisa foram amostrados 98 pontos, que podem ser visualizados na figura 12, os quais estão listados no quadro 8. Esses pontos foram adotados tendo como principal ponto de referência as usinas de cana, além da acessibilidade. Nos pontos foram contempladas todas as classes apontadas no mapa de uso do solo e remanescentes do Cerrado, que são: Cana-de-açúcar, Agricultura, Pastagem e Área Urbana como classes de uso do solo, e como classes de remanescentes as Formações Florestal, Savânica e Campestre.

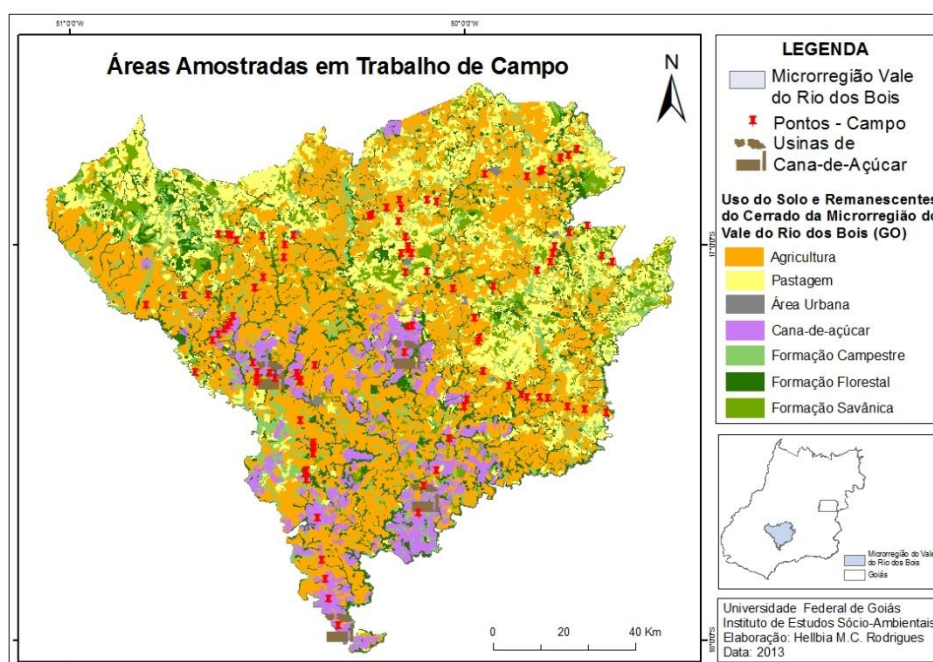


Figura 12. Localização geográfica dos pontos validados na MRVRB - Goiás.

Fonte: Rodrigues (2013)

3.3 Métricas da Paisagem

Para as avaliações do nível de fragmentação da paisagem foi utilizado o software livre *FRAGSTATS* 3.3 (MCGARIGAL; MARKS, 1995) que permite o tratamento estatístico dos fragmentos remanescentes com base em diversas métricas as quais permitem dimensioná-los e também avaliar seu grau de conservação. No programa as métricas foram calculadas para as categorias mancha (*path*) e classe (*class*), permitindo a análise da estrutura da paisagem através da distribuição espacial e quantificação das métricas. A extração das métricas foi feita no próprio software *FAGSTATS* através de um tratamento de dados que pode ser resumido pelas seguintes fases:

*Aplicar um dissolve no *Shape* de uso do solo e remanescentes do Cerrado, em seguida selecionar o *Shape Dissolver* e converter em RASTER nesta conversão o arquivo é dividido em células de 30x30m que corresponde à precisão da imagem do satélite;

**Reclassificação* da imagem rasterizada com a conversão de RASTER para ASCII. A partir do arquivo ASCII, elaborar cinco outros arquivos com os dados, para a análise do *FRAGSTATS*. O 1º arquivo contendo os dados brutos em ASCII que servirá como a base dos demais arquivos que serão elaborados para entrar no *software FRAGSTATS*; 2º as classes de uso contendo a linguagem de programação para cada classe analisada e para o fundo matricial; 3º informações sobre o arquivo em ASCII que será analisado no programa contendo o número de linhas e colunas que o arquivo contém; 4º ASCII com dados numéricos referentes a cada classe e ao fundo matricial, que será analisado pelo software e 5º elaboração da matriz de profundidade, levando em conta a precisão da imagem de satélite (Landsat de 30x30m) e a quantidade de pixels que pode causar confusão espectral nas células adjacentes entre duas classes de uso, podendo ser tal efeito nulo (0), de 30, 60 ou 90 metros entre as classes estudadas. Finalizada essa etapa passa-se ao *FRAGSTATS* para que seja processado as métricas.

No ambiente do *software FRAGSTATS* o primeiro passo é definir os parâmetros que estarão interligados aos cálculos das métricas. Esses parâmetros referem-se à resolução da imagem (*cell size*), o valor do fundo (*Background*), o número de linhas (*rows*) e de colunas (*columns*), selecione as métricas a serem trabalhadas. Nesse estudo as métricas selecionadas descrevem bem a evolução da fragmentação nos anos estudados, além de outros autores (Cabacinha et al, 2010; Faria, et al, 2012) também utilizá-las em trabalhos sobre fragmentação da paisagem em outras regiões do Estado de Goiás, permitindo a comparação das mudanças de uso dessas áreas e a MRVRB. Estas métricas adotadas estão descritas no quadro 08.

O software FRAGSTATS foi utilizado seguindo os passos apresentados na figura 13.

Quadro 8. Descrição das métricas de paisagem de acordo com sua categoria.

Métrica	Categoria	Descrição
CA	Área/densidade/borda	Área de classe é a área (ha) de todos os fragmentos da classe. Maiores valores de CA indicam domínio da matriz.
PLAND	Área/densidade/borda	Porcentagem de fragmentos de mesma classe na paisagem. A interpretação de PLAND é a mesma descrita para CA, porém expressa em porcentagem.
NP	Área/densidade/borda	Número de fragmentos da classe. Maiores valores de NP indicam

		maior fragmentação da classe e menores valores indicam união ou extinção de fragmentos de mesma classe. NP deve ser analisado juntamente com a métrica CA e PLAND.
TE	Área/densidade/borda	Total de bordas (m) é a soma de todas as bordas da classe. Maiores valores de TE indicam maior influência da borda na classe.
TCA	Área central	Área central total (ha) é a soma das áreas centrais de toda a classe em hectares. Maiores valores de TCA indicam maior quantidade de área interior ao fragmento da classe, portanto menor influência da borda na classe.
CPLAND	Área central	Percentual de área central na paisagem (excluídas as bordas) em relação à área total da paisagem. A interpretação de CPLAND é a mesma descrita para TCA, porém expressa em percentagem.
EMN_MN	Isolamento/proximidade de Vizinhança	Distância Euclidiana média do vizinho mais próximo é igual à distância média entre todos os fragmentos da classe até seu fragmento vizinho mais próximo.
COHESION	Conectividade	Coesão é igual a 1 menos a soma do perímetro do fragmento dividido pela soma do perímetro do fragmento vezes a raiz quadrada de sua área para fragmentos correspondentes a mesma classe, dividido por 1 menos 1 sobre a raiz quadrada da área da paisagem, multiplicado por 100 para converter para porcentagem.

Elaboração: Rodrigues, 2013

Fonte: MCGARIGAL; MARKS, 1995.

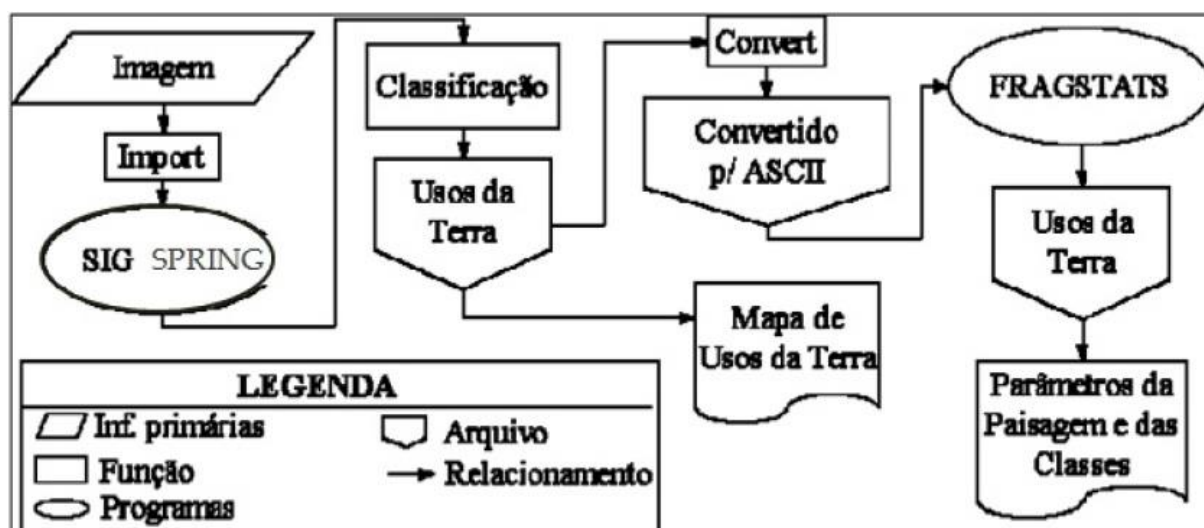


Figura 13. Etapa para análise dos mapas de uso do solo e remanescentes do Cerrado no software Fragstats. Adaptado de Holzschuh *et al* 2003.

3.4 Tratamento Estatístico dos Dados

Com o intuito de testar se houve mudanças significativas nos tamanhos dos fragmentos de cada classe disponibilizados pela métrica *Patch* entre os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013, foi realizada uma análise de variância simples (ANOVA) de acordo com Zar (1996), sendo considerado o nível de significância de 5%.

3.5 Análise dos Resultados

Essa etapa foi dedicada à análise e discussão dos resultados da pesquisa desenvolvida segundo hipótese levantada, a partir da qual os resultados foram discutidos e a interpretação foi finalizada e publicada.

CAPÍTULO IV – ANÁLISE TÊMPORO-ESPACIAL DA EXPANSÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR, OS IMPACTOS DE USO OCUPAÇÃO DOS SOLOS E OS REMANESCENTES DO CERRADO DA MICRORREGIÃO DO VALE DO RIO DOS BOIS - GOIÁS

4.1 Dinâmica Têmporo-espacial da Expansão da Cana-de-açúcar, Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado – Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO).

A MRVRB possui um intenso uso ocupação, já consolidado, esse uso do solo decorre sobretudo da agricultura, essa é uma microrregião próxima a capital do Estado de Goiás, Goiânia. E o cultivo da cana-de-açúcar surge na MRVRB por incentivo do Proálcool, na década de 1970, e em 1985 como consequência já apresenta área de cultivo da cana, ainda pouco expressiva, localizada em especial na sua porção Sul e Centro, mesmo que com pequena área de produção a cultura já ocorria como classe de uso do solo da área e a partir dessa data apresentou crescimento contínuo, cuja realidade atual apresenta-se se consolidando na microrregião por meio da atual e recente expansão.

Para melhor compreender a dinâmica dessa expansão da cultura da cana-de-açúcar na região, assim como as mudanças que decorrem na paisagem diante a reconfiguração, a existência de outras classes de uso e mesmo os remanescentes do Cerrado que perduram na área, seguem-se as figuras (14, 15, 16, 17 e 18).

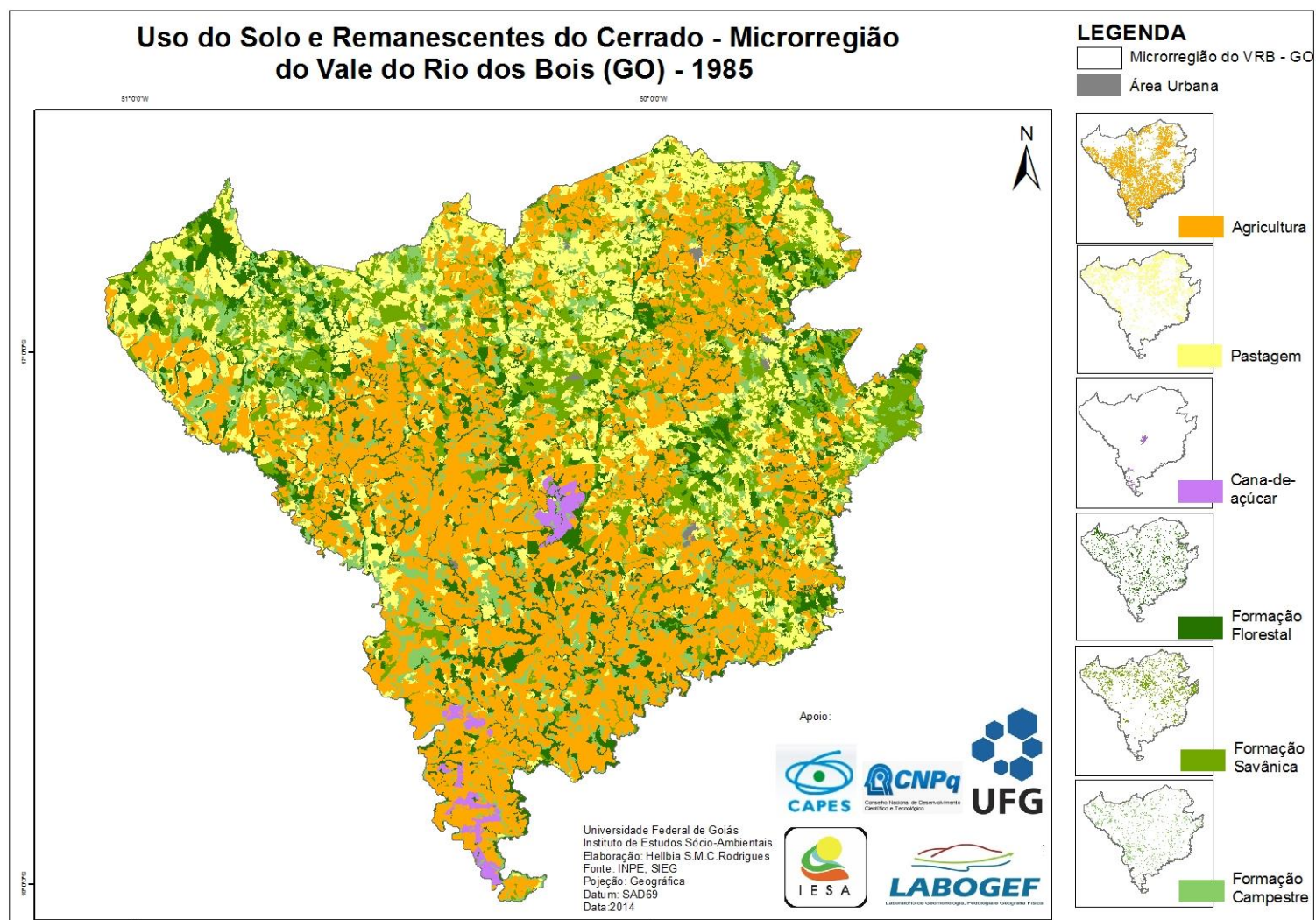


Figura 14. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -1985.
Elaboração: Rodrigues e Castro (2013).

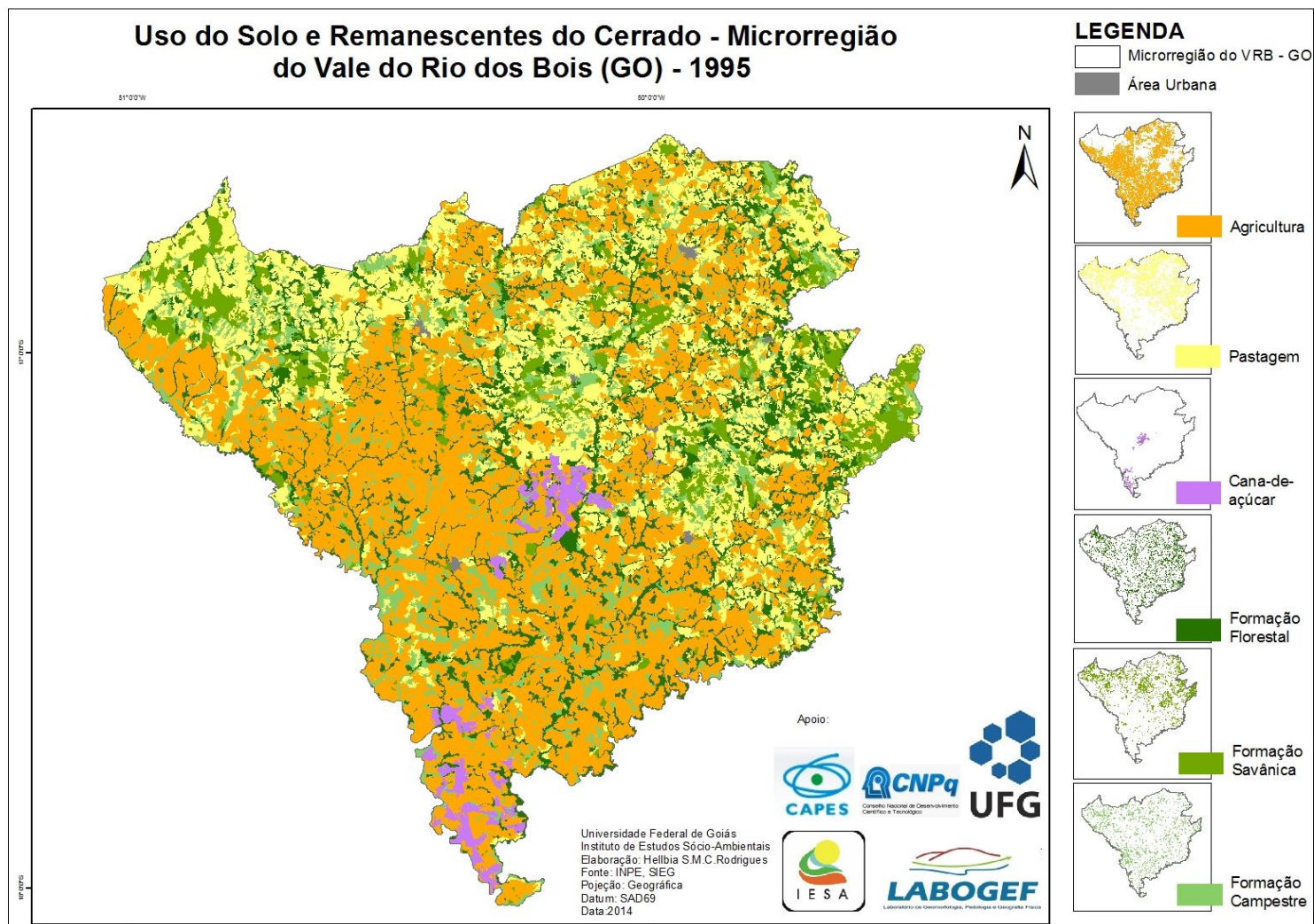


Figura 15. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -1995.
 Elaboração: Rodrigues e Castro (2013).

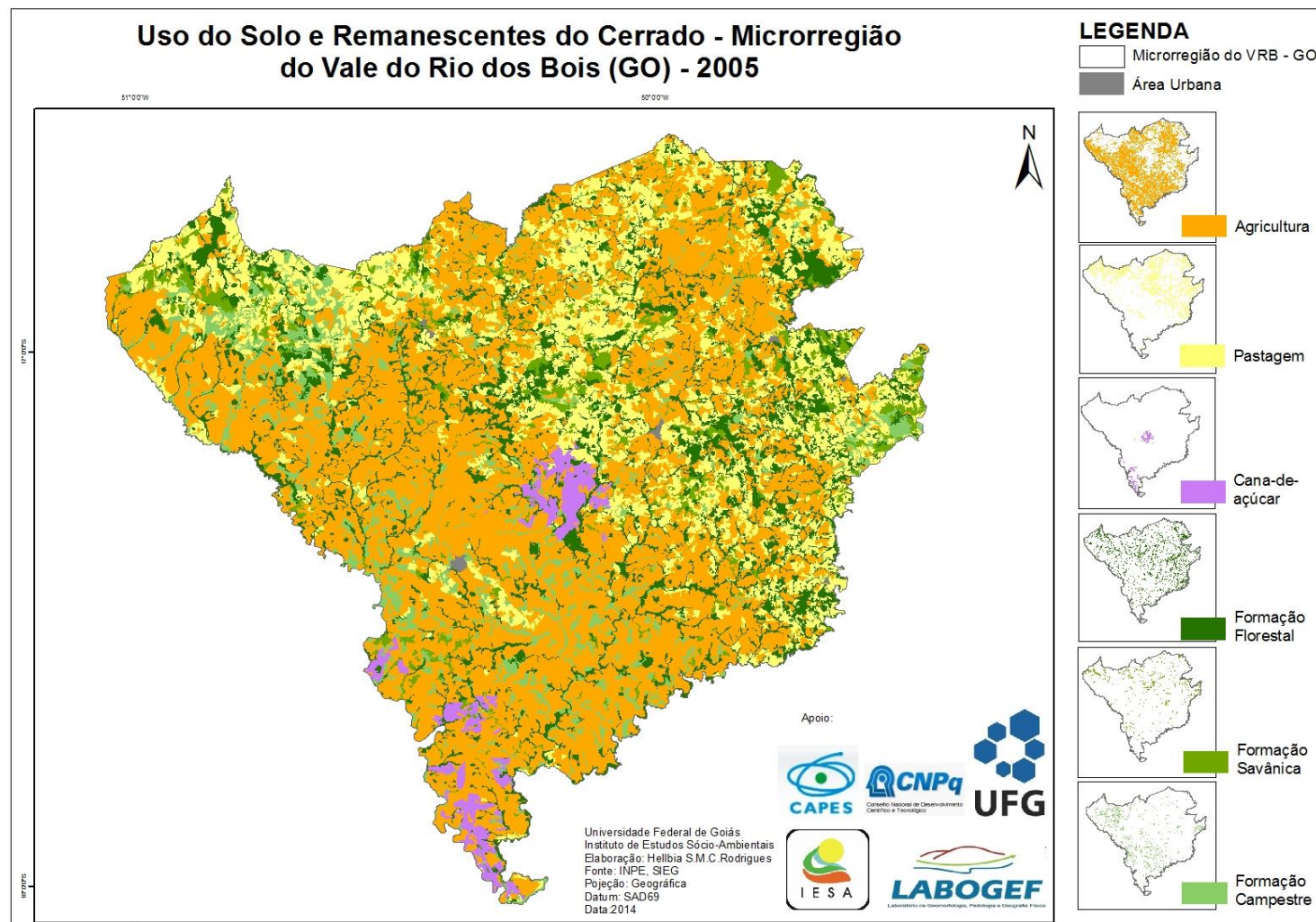


Figura 16. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -2005.
 Elaboração: Rodrigues e Castro (2013).

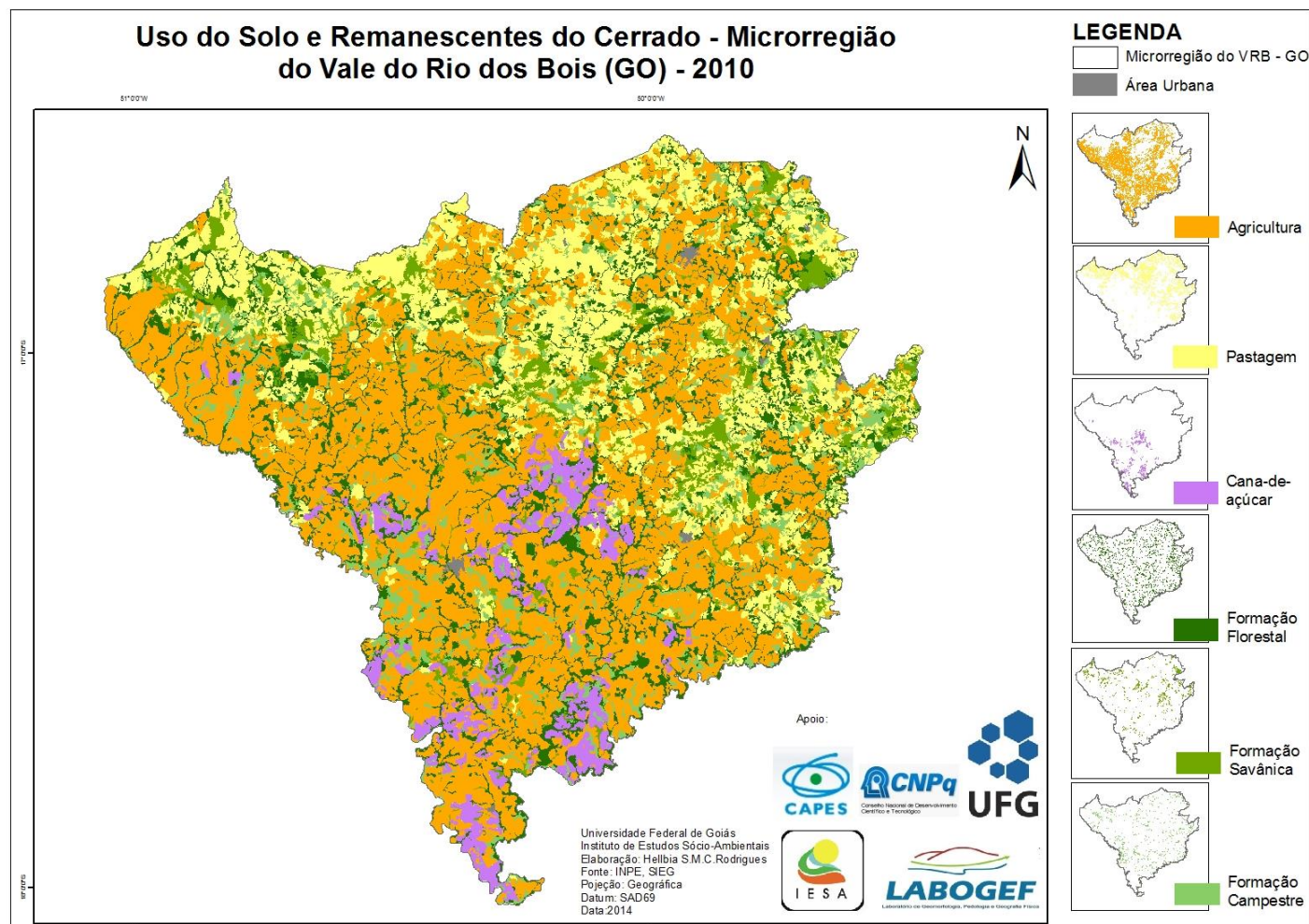


Figura 17. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -2010.
Elaboração: Rodrigues e Castro (2013).

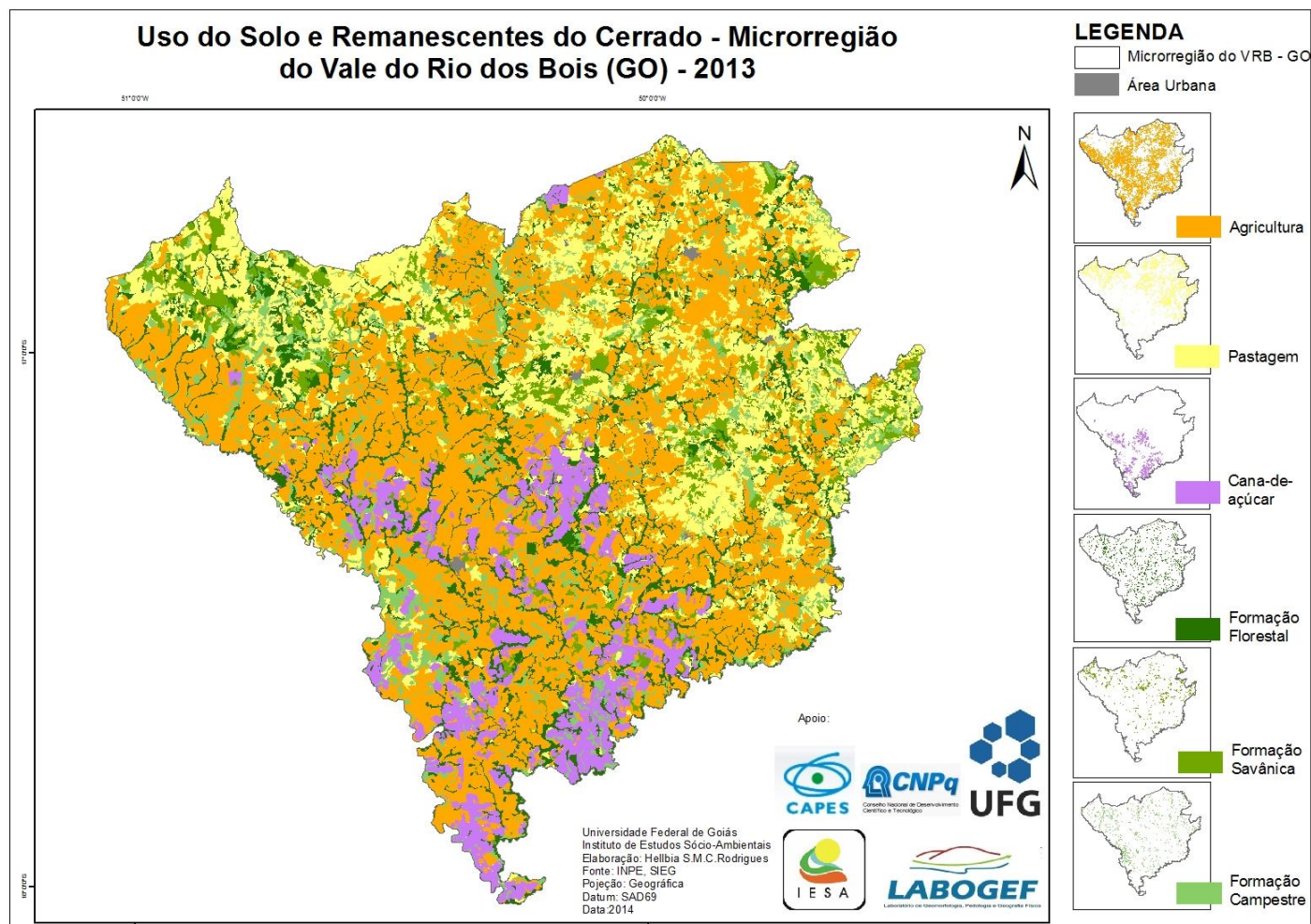


Figura 18. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) -2013.
 Elaboração: Rodrigues e Castro (2013).

A figura (19) permite uma interpretação visual em porcentagem na escala tempero-espacial trabalhada (1985, 1995, 2005, 2010 e 2013), para as categorias de uso do solo e remanescentes do Cerrado da MRVRB.

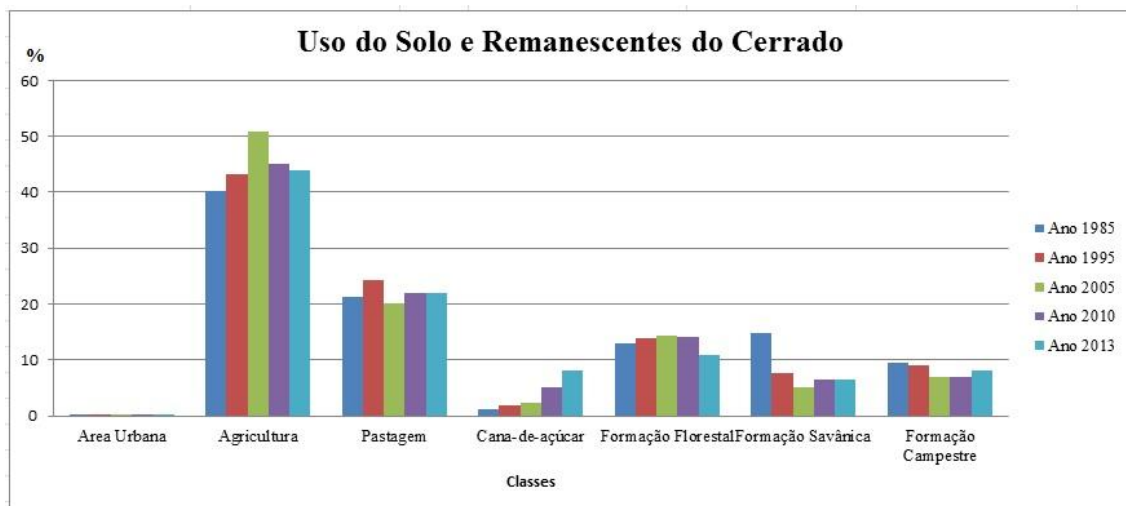


Figura 19. Frequência temporal de uso do solo e remanescentes do Cerrado da MRVRB. Elaboração: Rodrigues (2013).

Analisando a figura 19 (1985 e 2013) pode-se perceber que a cana-de-açúcar que cobria 1,08% da área da microrregião em 1985, em 2013 salta para 8,1%. Outro crescimento notável foi registrado, entre 2005, com 2,26%, e 2010 com 5,15%, coincidindo com o período de crescimento dos investimentos da expansão sucroalcooleira no país.

A análise temporal da fragmentação da paisagem também uma variável estudada, por meio das métricas da fragmentação da paisagem realizada para os anos mapeados de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013, mostra a evolução da cobertura de remanescentes do Cerrado e uso do solo, obtidas por meio do *Software FRAGSTATS*. Diante dos dados verificou-se que a MRVRB possui um alto índice de antropização, que podem ser interpretados através da métrica relacionada à porcentagem de ocorrência da classe na paisagem (PLAND), como mostra a tabela 1.

Diante das métricas de tamanho das manchas (*patch*) é possível avaliar a evolução do uso e ocupação do solo como uso antrópico acompanhado da redução nas áreas de remanescentes de Cerrado da MRVRB, pontuando que a área agrícola cresce, sobretudo quando avaliada paralelamente com os dados das manchas da monocultura da cana-de-açúcar.

Tabela 1. Evolução das métricas de área de classe (CA) e porcentagem da área de classe (PLAND) para os anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

1985		1995	
Classe	PLAND (%)	Classe	PLAND (%)
Agricultura	40,34	Agricultura	43,2
Área Urbana	0,21	Área Urbana	0,24
Cana-de-açúcar	1,08	Cana-de-açúcar	1,89
Formação Campestre	9,38	Formação Campestre	9
Formação Florestal	12,89	Formação Florestal	13,93
Formação Savânica	14,72	Formação Savânica	7,54
Pastagem	21,35	Pastagem	24,17
2005		2010	
Classe	PLAND (%)	Classe	PLAND (%)
Agricultura	50,84	Agricultura	44,99
Área Urbana	0,19	Área Urbana	0,2
Cana-de-açúcar	2,24	Cana-de-açúcar	5,14
Formação Campestre	6,95	Formação Campestre	6,94
Formação Florestal	14,38	Formação Florestal	14,19
Formação Savânica	5,15	Formação Savânica	6,52
Pastagem	20,22	Pastagem	21,91
2013			
Classe	PLAND (%)		
Agricultura	43,9		
Área Urbana	0,26		
Cana-de-açúcar	8,1		
Formação Campestre	8,15		
Formação Florestal	10,98		
Formação Savânica	6,51		
Pastagem	22,07		

Fonte: Mapa de uso de solo e remanescentes do Cerrado para MRVRB de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013. Organização: Rodrigues, 2014.

A fragmentação é expressa pelo número de fragmentos da classe e pela área dessas manchas de fragmentos mapeados, os quais foram agrupados em categorias de acordo com o tamanho das manchas, sendo aqueles menores que 1ha, de 1 à 10ha, de 10,01 à 50ha, de 50,01 à 100ha e maiores que 100ha, conforme consta nas tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Evolução temporal do número de fragmentos de acordo com os tamanhos dos mesmos nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na MRVRB.

Formação	Número de fragmentos (<1 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	58	50	152	65	126
Área Urbana			1	2	2
Cana-de-açúcar		3	3	5	6
Form. Campestre	113	185	95	110	201
Form. Florestal	140	211	256	144	194
Form. Savânica	88	43	48	31	48
Pastagem	81	136	92	97	128
Formação	Número de fragmentos (1 - 10 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	75	46	87	31	52
Área Urbana					2
Cana-de-açúcar	1		1	4	1
Form. Campestre	101	131	61	80	152
Form. Florestal	128	154	150	167	125
Form. Savânica	88	81	36	42	53
Pastagem	37	72	58	61	74
Formação	Número de fragmentos (10,01 - 50 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	22	25	22	24	28
Área Urbana	1		1		1
Cana-de-açúcar	1	5	4	8	7
Form. Campestre	157	146	68	123	171
Form. Florestal	129	204	254	169	171
Form. Savânica	186	195	164	90	214
Pastagem	56	29	31	24	68
Formação	Número de fragmentos (50,01 - 100 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	108	127	149	102	142
Área Urbana		2	3	1	4
Cana-de-açúcar	1	3	4	17	22
Form. Campestre	193	194	122	179	259
Form. Florestal	193	202	242	245	191
Form. Savânica	172	90	94	94	118
Pastagem	169	142	117	114	165
Formação	Número de fragmentos (> 100 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	287	300	321	339	320
Área Urbana	8	8	6	9	9
Cana-de-açúcar	14	27	25	90	121
Form. Campestre	365	355	257	337	333
Form. Florestal	358	308	323	351	274

Form. Savânica	349	142	187	189	193
Pastagem	444	445	401	325	353

Fonte: Mapa de uso do solo e remanescentes do Cerrado para a MRVRB de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

Tabela 03. Evolução temporal da área dos fragmentos menores que 1ha, de 1 à 10ha, de 10,1 à 50ha, de 50,1 à 100ha e maiores que 100ha nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na MRVRB.

Formação	Área total dos fragmentos (<1 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	29,97	16,29	45,72	24,03	35,46
Área Urbana			0,27	0,18	0,99
Cana-de-açúcar		0,36	0,27	1,35	0,99
Formação Campestre	37,53	56,79	31,32	37,26	63,9
Formação Florestal	44,28	58,23	69,03	48,6	49,05
Formação Savânica	28,44	9,18	12,96	9,81	11,7
Pastagem	22,05	40,32	29,88	26,55	43,38
Formação	Área total dos fragmentos (1 - 10 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	269,37	187,2	291,69	88,65	184,86
Área Urbana					3,33
Cana-de-açúcar	1,98		5,4	9,36	1,98
Formação Campestre	396,18	481,68	219,06	327,6	625,05
Formação Florestal	559,8	688,86	604,71	685,17	501,03
Formação Savânica	396	457,83	184,64	173,16	307,8
Pastagem	135,27	291,87	224,55	218,07	270,36
Formação	Área total dos fragmentos (10,01 - 50 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	531	601,65	572,04	704,61	805,86
Área Urbana	22,77		25,38		24,21
Cana-de-açúcar	21,78	133,83	115,11	269,64	236,61
Formação Campestre	4.605,66	4.152,42	2.007,72	3.482,82	4.932,45
Formação Florestal	3.513,06	5.140,8	6.442,83	4.610,79	4.749,12
Formação Savânica	4.971,96	4.605,12	4.188,3	2.434,05	5.360,22
Pastagem	1.733,94	786,15	812,7	675,18	1.939,14
Formação	Área total dos fragmentos (50,01 - 100 ha)				
	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	7.990,11	9.396,9	11.028,6	7.980,12	10.448,19
Área Urbana		168,84	246,33	96,12	334,26
Cana-de-açúcar	75,33	218,43	270,72	1.290,24	1.638,63
Formação Campestre	14.432,4	14.684,04	9.274,68	13.248,36	19.000,35
Formação Florestal	14.405,58	14.910,84	17.970,75	17.709,75	14.186,52
Formação Savânica	12.867,12	6.666,57	6.768,36	7.092	8.566,02
Pastagem	13.112,28	10.980,99	9.119,61	8.723,16	12.287,34
Formação	Área total dos fragmentos (> 100 ha)				

	1985	1995	2005	2010	2013
Agricultura	539.340,3	476.912,15	379.082,9	502.731,4	485.155,5
Área Urbana	2.853,45	3.190,23	2.334,87	3.650,4	3.268,8
Cana-de-açúcar	14.586,66	25.437,96	30.134,7	68.323,23	108.243,8
Formação Campestre	108.115,56	102.976,29	82.958,22	77.266,98	86.185,71
Formação Florestal	156.703,95	168.562,98	170.348,9	169.866,3	129.749,9
Formação Savânica	181.874,61	90.762,39	58.929,66	78.977,52	74.305,44
Pastagem	275.140,98	316.429,02	264.663,3	288.199,3	285.488,3

Fonte: Mapa de uso do solo e remanescentes do Cerrado para a MRVRB de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

A classe de agricultura e pastagem apresentam um baixo número de fragmentos menores que 1ha, mesmo de 1a10ha e de 10,1 a 50ha. Já o número de fragmentos de 50,01 a 100ha são maiores que e 100ha nas classes agricultura e pastagem e por isso são mais representativos em todos os anos estudados, evidenciando que extensas áreas e contínuas são ocupadas por agricultura e pastagem. Portanto, ao avaliar as áreas desses fragmentos na escala temporal, observou-se que para a classe agricultura houve aumento na área de fragmentos até 1 ha e em fragmentos de 10 à 100 ha, reduzindo a área de fragmentos 1 à 10 ha e maiores que 100 ha. Já a área dos fragmentos de pastagem tenderam a aumentar ao longo dos anos analisados, com exceção dos fragmentos de 50 à 100 ha que tiveram um saldo menor em 2013 do que em 1995.

A cana-de-açúcar não apresenta números de fragmentos e área bastante expressiva quando comparada às demais classes de uso antrópico. Portanto, sua área se torna mais representativa para fragmentos de 50,01 a 100ha e maiores que 100ha, além da observação de um manifesto crescimento no número e área dos fragmentos de todas as categorias de tamanho no decorrer dos anos analisados. Isso se justifica diante do modelo de produção da monocultura de cana-de-açúcar, que necessita de extensas e contínuas áreas para cultivo e que sejam próximas às usinas, em geral num raio não superior a 40km, para o melhor aproveitamento da matéria prima. Margarido e Santos (2010) afirmam que a atividade de colheita é um fator determinante no custo total da matéria-prima, para que a cana-de-açúcar não perca propriedades obedecendo, uma distância da usina, também para o fornecimento hora-a-hora.

O que se observa em relação aos remanescentes de Cerrado, é que o número de fragmentos menores que 1ha e de 1 a 10ha apresentam-se mais expressivos nas classes de Formação Florestal e Campestre na série analisada do que a Formação Savânica, que apresenta um número muito baixo de fragmentos dessa categoria de tamanho. Portanto, para as três formações de remanescentes de Cerrado (Campestre, Florestal e Savânica)

as áreas menores que 10 hectares que esses fragmentos apresentam não são expressivos quando comparadas às áreas desses fragmentos nativos maiores que 10 ha, maiores que 50 ha e até aqueles maiores que 100 ha.

Avaliando a evolução temporal desses fragmentos de Cerrado, verificaram-se oscilações na dinâmica da área desses fragmentos. Isso pode ser observado na formação campestre quando do aumento em área dos fragmentos menores que 1ha em 1995, redução em 2005 e novo aumento em 2010 e 2013. Ainda na formação campestre, houve aumento da área dos fragmentos de 1 a 10ha em 1995 e 2013, mas o saldo em 2013 foi muito similar ao ano de 1985. As demais categorias de tamanho de fragmentos da formação campestre ($> 10,01$ ha) tiveram aumento significativo no decorrer da escala temporal. Esse aumento da área da formação campestre pode estar relacionado à redução de área das demais formações naturais, ocasionadas por desmatamentos e queimadas, onde a formação campestre passa a predominar em muitas dessas áreas, mas na verdade não se trataria de campos naturais, mas antrópicos.

A evolução temporal da área dos fragmentos da Formação Florestal também oscilou consideravelmente, sendo que para os fragmentos menores que 1ha houve aumento de área em 1995 e 2005, mas reduções em 2010 e 2013, porém com saldo maior do que em 1985. Fragmentos de 1 a 10ha apresentaram aumentos de área em 1995, 2005 e 2010, mas revelaram redução significativa em 2013, sendo que o saldo foi inferior ao ano de 1985. Para os fragmentos de 10 a 50ha houve aumento de área em 1995 e 2005, redução em 2010 e aumento com saldo positivo em 2013. Para a área dos fragmentos florestais com 50 a 100ha, houve aumento da área entre 1995 e 2010, mas redução em 2013, com saldo similar à 1985. Para os fragmentos maiores que 100ha, a área seguiu aumentando entre 1995 e 2010, porém com redução significativa em 2013, cujo saldo foi inferior à 1985. Isto sugere desmatamento seletivo.

A Formação Savânica, por seu lado, perdeu bastante área de fragmentos menores que 1ha e maiores que 50 ha sem grandes oscilações entre os anos analisados. Para os fragmentos entre 1 e 10ha apesar de em 2013 haver saldo negativo de área desses fragmentos em relação à 1985, houve aumento em 2005 e 2010 antes do declínio. Já para os fragmentos de 10 à 50 ha, houve redução de área até 2010 e aumento e saldo positivo em 2013 em relação à 1985.

Observa-se que as formações Savânicas e Florestais perderam muita área, enquanto que Campestre e uso antrópico ganharam. A agricultura substitui áreas de pastagens e as pastagens ocupam áreas de remanescentes do Cerrado, como ocorre dos

anos de 1985 para 1995, nos municípios de Palminópolis, Jandaia e parte oeste de Palmeiras de Goiás, localizados na porção centro norte da MRVRB. Essas áreas destinam-se comumente a pastagem e são substituídas por agricultura já que são áreas de relevo suave a suave ondulado, com predomínio de Latossolos. As pastagens, por sua vez, migram para áreas de remanescentes, desmatando-as e ocupando espaços onde o relevo é mais pronunciado com ocorrência de Cambissolos e de difícil motomecanização.

A cana-de-açúcar nesse mesmo período de 1985 a 1995 cresce em área e número de fragmentos de 50 à >100ha. Não é um crescimento de grande relevância quando comparado a toda a área agrícola da MRVRB, no entanto, a área de produção da cana nesse período é duplicada, apontando um crescimento inicial na porção sul da MRVRB, área de produção para a usina Vale do Verdão no município de Turvelândia. A cana-de-açúcar entra, assim, em áreas agrícolas já consolidadas e essas áreas agrícolas migram para novas áreas como exposto acima, promovendo substituições e perda de remanescentes que ocorrem na porção centro norte da MRVRB.

Na MRVRB as formações Savânicas e Florestais perderam em área no período analisado de 1985 a 2013, no entanto, é observável, sobretudo, que essas formações Savânicas ocorrem em grandes fragmentos, e em áreas polo à nordeste, centro norte e leste da MRVRB. Pode-se afirmar que isso se dá devido aos atributos físicos da área, pois são áreas de Cambissolos associados a relevo movimentado marcado por morros e colinas e áreas de Neossolos solos considerados frágeis.

Ribeiro e Walter (2008) afirmam que há grande sensibilidade das comunidades vegetais às variações das condições ambientais, e enfatizam o importante papel das condições físicas para determinar a existência de um tipo de vegetação. Ainda nesse mesmo sentido Constantino et. al (2003) expõem que em escala geográfica ampla, nota-se que as paisagens naturais são formadas por ecossistemas determinados pelas condições edáficas, climáticas e históricas.

O município de Paraúna a noroeste da MRVRB, por exemplo, possui uma das áreas onde há a ocorrência de um elevado número de grandes fragmentos de formações Savânicas. Nessa área, no período de 1985 a 1995 ocorreu perda considerável de remanescentes do Cerrado convertidos para pastagem, em áreas de Neossolos considerados frágeis. No entanto, os fragmentos de formação Savânica que se mantêm são de áreas de 50 a < 100ha, que prevalecem na área até o período de 2013, certamente porque são áreas de difícil motomecanização pelo relevo pronunciado e predomínio de

Neossolos, solos considerados de muito alta erodibilidade, que requerem cuidados no trato agrícola, logo maiores investimentos de capital, o que não as torna atrativas.

A expansão da cultura se dá do Sul para a porção central (diferentemente do restante do sudoeste goiano que é de leste para oeste), já apresentando pequena área no Norte. Por outro lado, ao se analisar a evolução do uso através do tempo (Figuras 14 à 18) não resta dúvidas de que repete o mesmo padrão do restante do Estado, ou seja, substitui áreas que eram de plantação de grãos, onde predominam os Latossolos e declives suave à suave ondulado, de fácil mecanização, como mostra a figura 20.



Figura 20. Cultivo de Cana-de-açúcar em área de Latossolos na Microrregião Vale do Rio dos Bois. Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013).

A agricultura é a classe de maior representatividade na área em todo o período analisado, a soja mantém-se como a principal cultura da MRVRB, com área total de 195.960 ha, e produção por todos os municípios, destacando-se Paraúna com 62.000ha, e Edéia com 45.000ha, segundo censo do IBGE (2010). Como foi exposto, embora a monocultura da cana-de-açúcar se expanda para o centro da MRVRB e muito rapidamente, além de fazê-lo sobre áreas de grãos cultivados sobre Latossolos e relevos com até 8% de declive, a soja ainda continua sendo o principal produto agrícola da microrregião, como pode ser observado na figura 21.

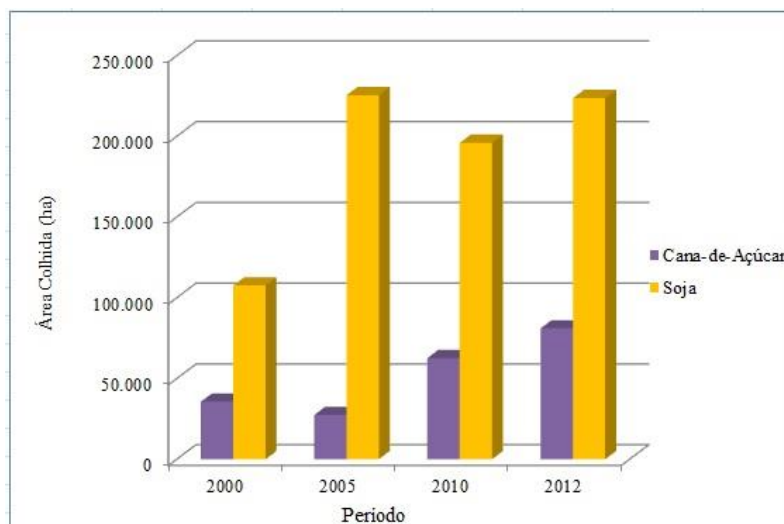


Figura 21. Comparativo histórico de área colhida de Soja e Cana-de-açúcar da MRVRB. Elaboração: Rodrigues; Fonte: IBGE, 2014.

Pode-se observar também que a soja apresenta crescimento em área colhida com um saldo positivo de 116.046ha de 2000 para 2012. E a cana-de-açúcar por sua vez apresenta crescimento contínuo em área colhida de 45.320ha de saldo positivo do ano de 2000 para 2012, o que não é tão expressivo quanto a soja, mas já representa o equivalente a cerca de 1/3 da área com soja desde 2010. Isto permite supor que apesar de estar substituindo áreas de soja, ainda não se observa mudança significativa no quadro agrícola da MRVRB, dado que a soja ainda continua encontrando espaço para expandir, como estaria acontecendo, apesar de ter registrado um pequeno declínio em 2010, como mostra a Figura 20. Confirma-se, portanto, o que Castro et. al, (2007) afirmavam, que a ocupação canavieira por enquanto ainda não resultaria na redução significativa das áreas plantadas com soja e milho, no caso do estado de Goiás.

Esse mesmo processo de substituição de culturas por cana-de-açúcar também ocorreu na microrregião de Quirinópolis entre os anos de 2006 a 2008 como apontam Silva e Castro (2011), apenas as direções não são as mesmas, embora ambas persigam o mesmo padrão espacial de relevos amplos, suaves dominados por Latossolos.

Um ponto interessante são os fatores que impulsionam o cultivo da cana-de-açúcar. Ao comparar a soja e cana-de-açúcar em ha colhidos, inequivocamente a soja se destaca, contudo, utilizando a mesma escala temporal, mas comparando a quantidade produzida (t), é a cana-de-açúcar que se destaca na MRVRB, como pode-se observar na figura 22. Isso se dá porque a planta da cana-de-açúcar é mais eficiente

fotossinteticamente, possuindo uma facilidade maior de adaptação e produção (DIOLA e SANTOS, 2010).

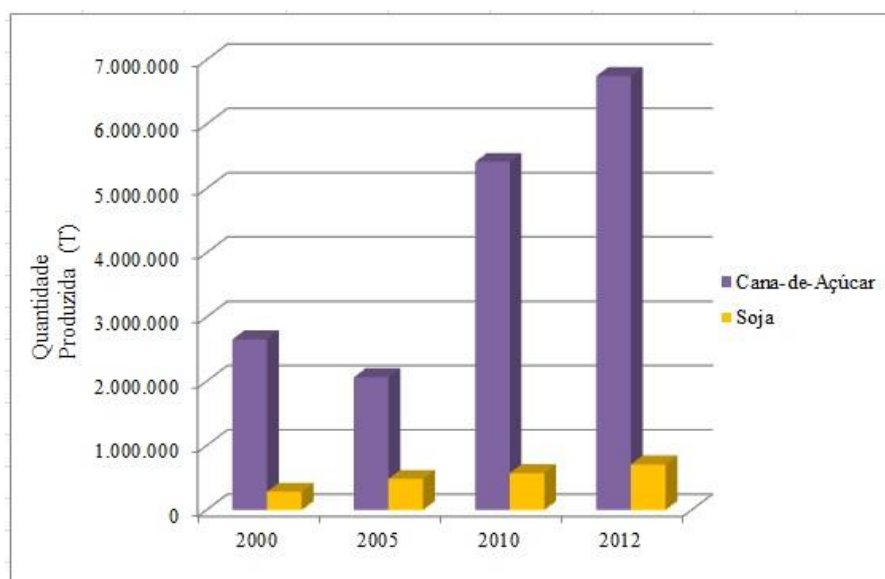


Figura 22. Comparativo histórico de Quantidade Produzida (T) de Soja e Cana-de-açúcar na MRVRB. Elaboração: Rodrigues; Fonte: IBGE, 2014.

Há também na MRVRB outros produtos agrícolas como milho, sorgo, algodão, além de produtos que compõem a cesta básica como arroz, mandioca, feijão, produtos utilizados para a alimentação da população brasileira, apesar de não serem áreas tão expressivas quanto à área de grãos. Assim, a substituição de culturas como padrão de mudança de uso do solo, na MRVRB, pode provocar problemas socioambientais.

Goiás hoje é apontado como o principal produtor de cana do Centro-Oeste, também de arroz e feijão, alimentos importantes para população e que ao contrário da pastagem e soja, afirma que o arroz e o feijão culturas tradicionais e no padrão de substituição não estão indo para outros lugares (JORNAL UNICAMP, 2013). Na MRVRB, estão sendo utilizadas em sistema de rotação, pode-se observar na figura 23, em que aparece também a vinhaça utilizada na fertirrigação.



Figura 23. Área de cultivo de cana-de-açúcar com rotação de soja. Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013).

Quanto à classe de pastagem esta manteve-se, apresentando baixa oscilação na MRVRB, onde a maior área registrou-se no ano de 1995 (24,18%), distribuindo-se nas suas porções Norte, Nordeste das áreas de relevos mais pronunciados, com ocorrência de Neossolos, Cambissolos e Argissolos, sabidamente de menor aptidão agrícola devido restrições de fertilidade e erodibilidade (SALOMÃO, 1999).

Em síntese, as classes de uso do solo totalizaram um crescimento de 11,46% em 28 anos, isto é, de 1985 com 62,97% para 2013 com 74,43% da área total da MRVRB em uso. Com quase 63% da área em uso em 1985, fica evidente que a MRVRB já se encontrava amplamente antropizada naquele ano, ocupação essa relacionada à atividade agrícola, como aliás a maior parte do Estado. E esse quadro se mantém até a atualidade.

Já dentre as classes de remanescentes do Cerrado a que mais perdeu em área foi a Formação Savânica, num total de 8,2% nos 28 anos analisados. A formação Savânica que representava quase 15% da área da MRVRB em 1985, localizada mais na porção Norte, Centro e Nordeste, em áreas de relevos mais movimentados, em 10 anos perdeu área substancial passando a representar em 1995 bem menos de 10% (7,54%) da área e menos ainda em 2013 (6,52%), o que indica que a agricultura nesse período promoveu maior impacto que a cana, pois se deu a partir de desmatamento, diferentemente da expansão canavieira que se dá, sobretudo, sobre áreas de grãos.

A Formação Florestal variou pouco em área, localizada essencialmente nas margens dos canais de drenagem, consideradas de Preservação Permanente (APP). A maior variação em área para essa classe ocorreu entre 2010 (14,2%) e 2013 (10,98%) representando uma perda de 3,22% de área da Formação Florestal, quanto à Formação Campestre, é a classe de menor representatividade dos remanescentes da área, ocorrendo em sua maioria próximo aos canais de drenagem, lagos, como mostra a figura 24, e em áreas de Neossolos. Em 1985 representava 9,38% da área total, mas em 2005 cobria apenas 6,95%, representando uma perda de 2,43%, embora em 2013 aumente para 8,15%.



Figura 24. Formação Campestre circundando um lago.
Fonte: Rodrigues e Siqueira (2013).

As classes de remanescentes do Cerrado da MRVRB em 1985 representavam 36,99% da área o que evidencia que o processo de uso ocupação já estava consolidado, sobretudo nas áreas de relevo suave a suave ondulado, dominadas por Latossolos, considerados de boa aptidão agrícola. Observe-se que os remanescentes estão localizados mais em margens de canais de drenagem, correspondentes às APP, e áreas de relevos mais declivosos, onde ocorrem solos como Neossolos, Cambissolos, Argissolos, associados principalmente as Formações Savânica e Florestal.

Mesmo assim, ainda ocorreu perda de remanescentes do Cerrado, num total de 11, 84%, observando-se que em 2013 restam apenas 25,65% de cobertura original, constando assim que a área está com alto índice de antropização. É fato que a expansão da cana-de-açúcar ocorre e está aumentando em área no Estado, e a MRVRB faz parte dessa área de expansão, o que conduz a ideia de que precisa ser amplamente estudada e monitorada, para avaliar as transformações advindas desse processo.

Se essa expansão se der de forma ainda mais rápida e desordenada num futuro próximo, isto poderia ampliar o impacto nas áreas de Cerrado, pode aumentar a perda de remanescentes, com a pressão de busca de novas áreas para as culturas que sofreram substituição, o que se caracteriza como um impacto indireto da expansão canavieira. Para ilustrar o exposto, o estudo da fragmentação da paisagem na MRVRB nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 foi realizado, pois o Cerrado passa por perdas importantes nesses processos de expansão.

4.2 A Fragmentação da Paisagem na Área de Expansão de Cana-de-açúcar na Microrregião do Vale do Rio dos Bois.

Mesmo com oscilação quanto aos tamanhos dos fragmentos e suas respectivas classes analisadas, com perda significativa de área de algumas delas e ganho em outras, não houve significância em relação ao tamanho médio dos fragmentos de cada classe. Pode-se afirmar isto devido à Análise de Variância (ANOVA) que revelou que o tamanho médio desses fragmentos não sofreu significância para as classes: agricultura ($F(4,3078)=0,88688$; $p=0,47083$), Pastagem ($F(4,3714)=0,55054$; $p=0,69864$), área urbana ($F(4,55)=0,57719$, $p=0,68036$), Cana-de-açúcar ($F(4,368)=0,43431$, $p=0,78383$), formação Florestal ($F(4,3030)=3,5550$, $p=0,00671$), formação Savânica ($F(4,3030)=3,5550$, $p=0,00671$) (Figuras 25 a 30). A formação Campestre ($F(4,4483)=7,8463$, $p=0,00000$) foi a única classe que apresentou significância no tamanho médio dos fragmentos.

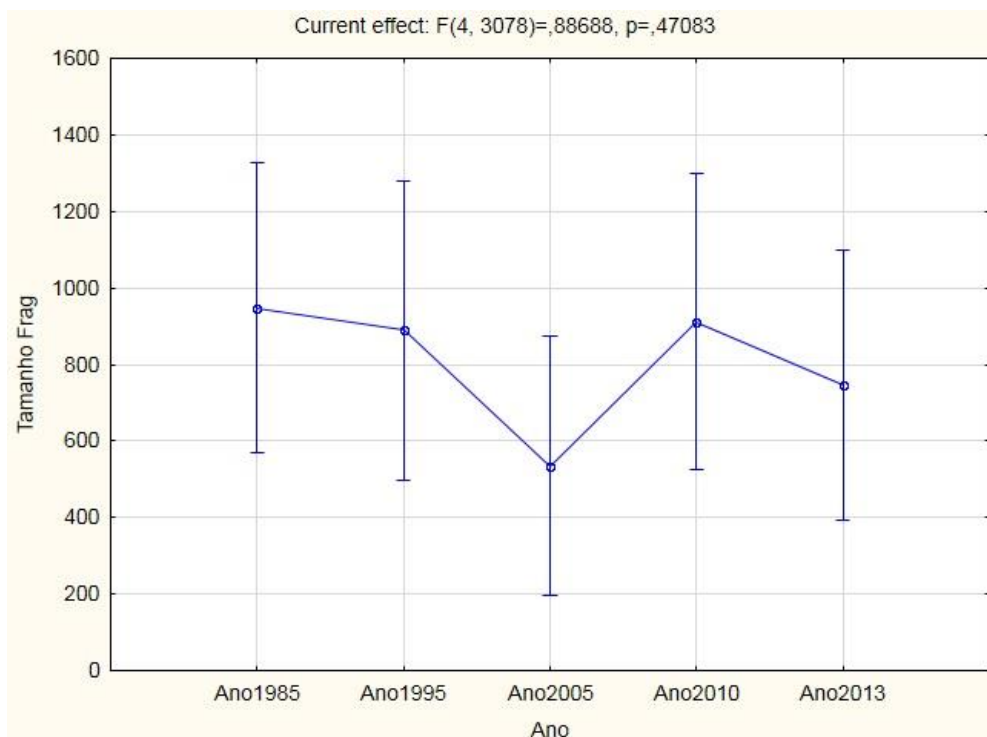


Figura 25. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Agricultura nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

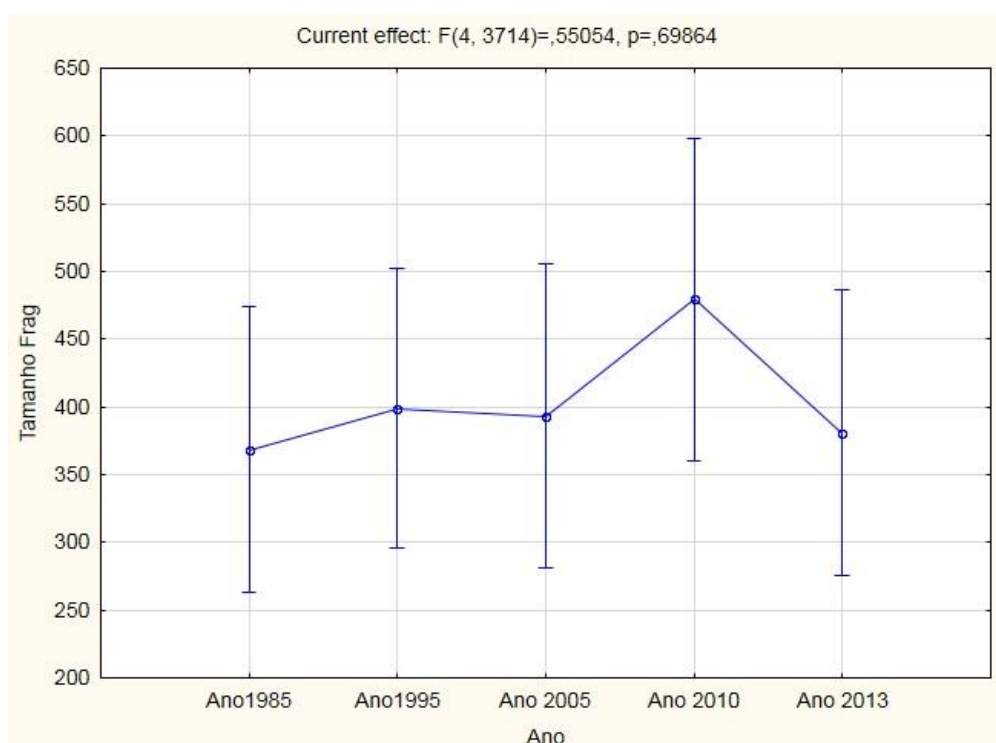


Figura 26. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Pastagem nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

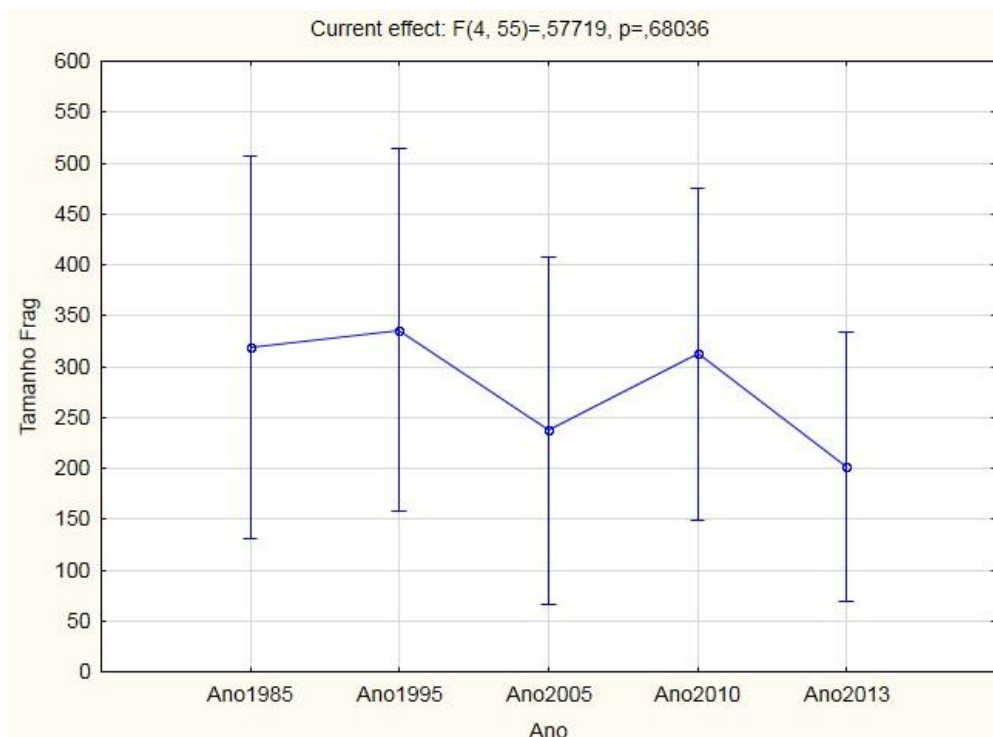


Figura 27. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Área Urbana nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

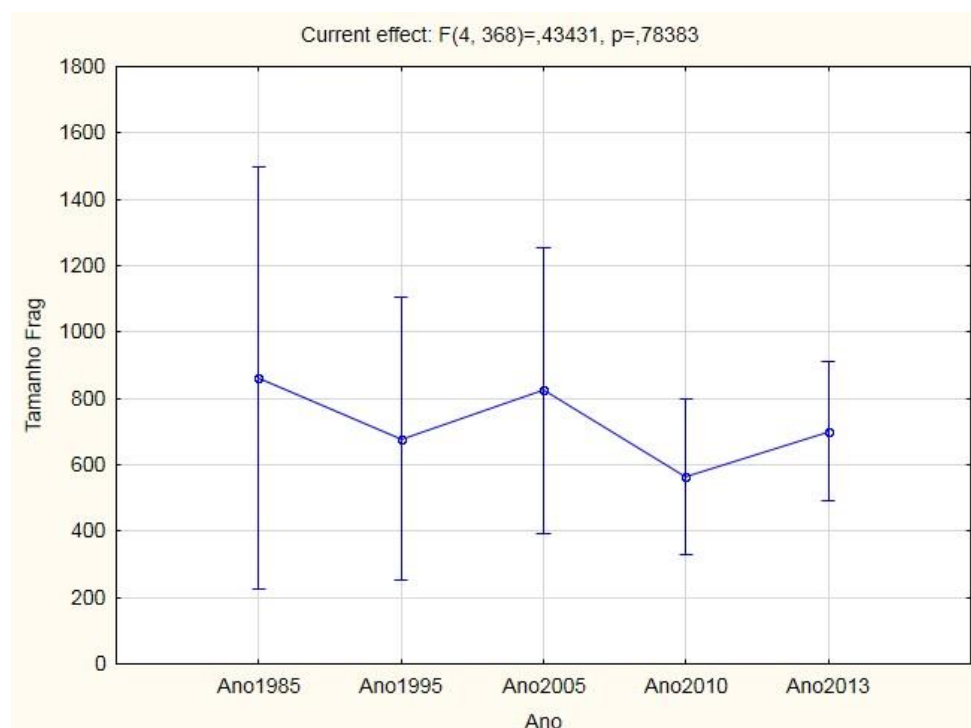


Figura 28. Variância do tamanho médio do fragmento da classe Cana-de-açúcar nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

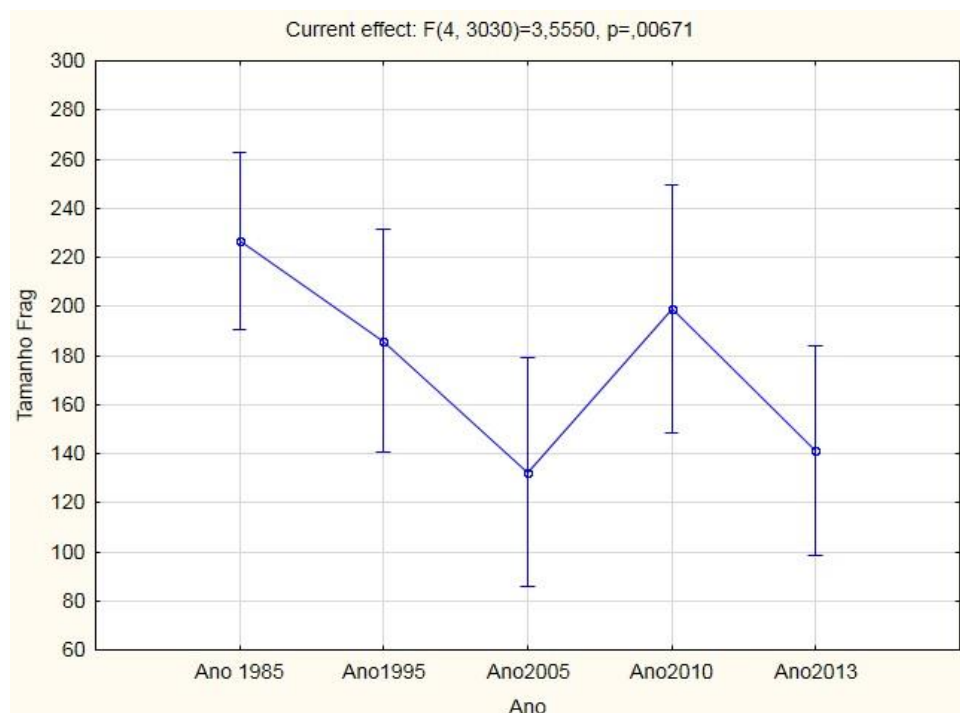


Figura 29. Variância do tamanho médio do fragmento da classe formação Florestal nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

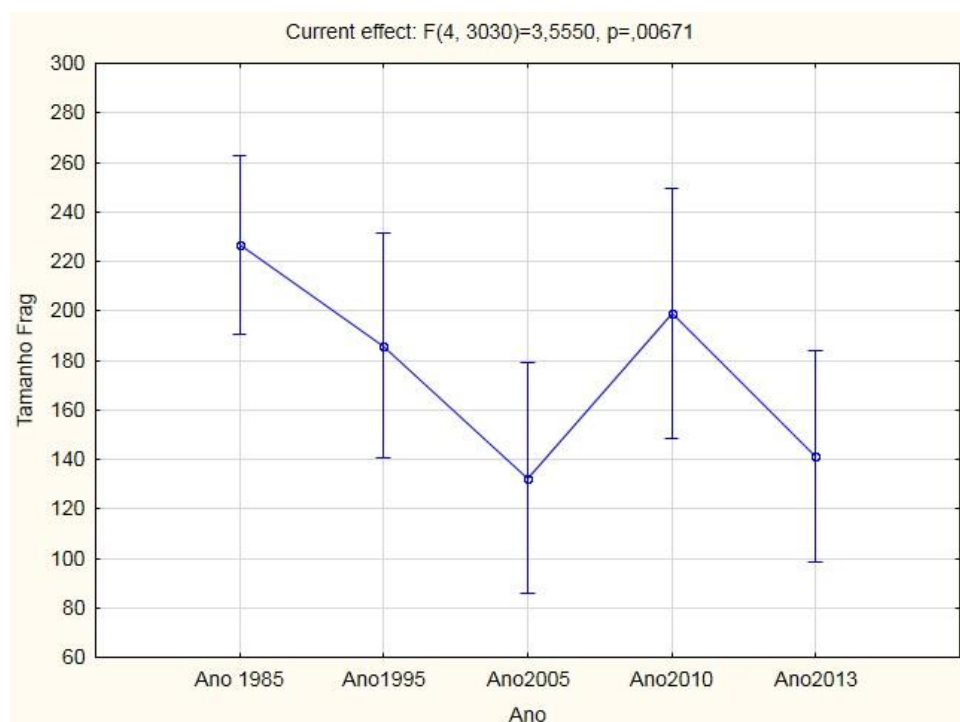


Figura 30. Variância do tamanho médio do fragmento da classe formação Savânica nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

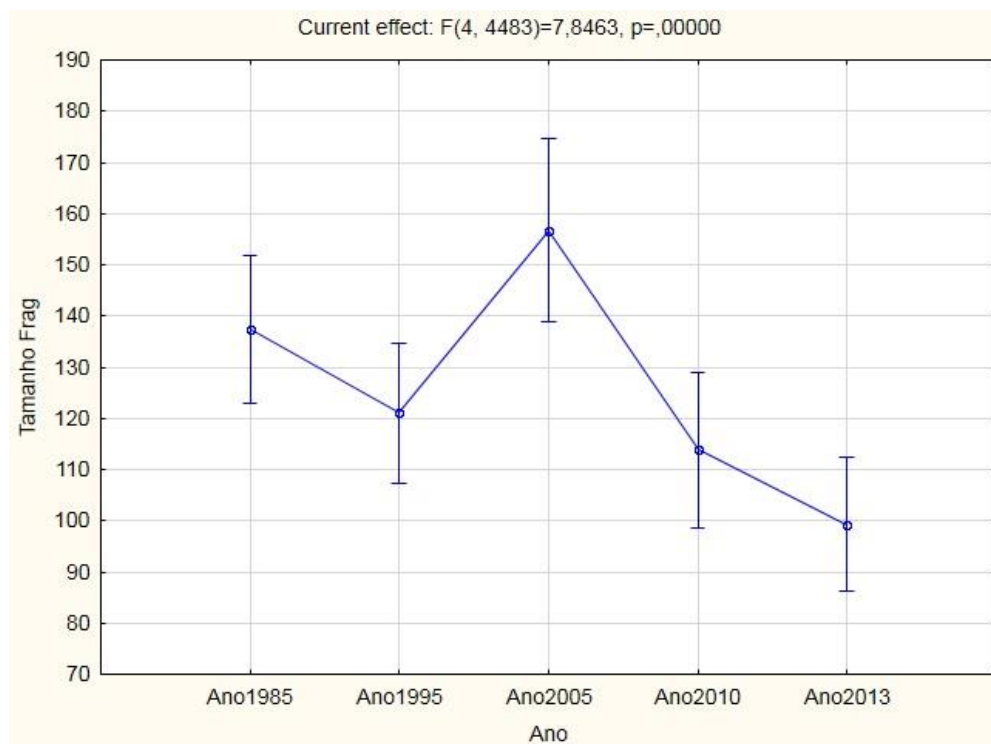


Figura 31. Variância do tamanho médio do fragmento da classe formação Campestre nos anos de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013 na microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO.

Portanto, a fragmentação afetou sobretudo as áreas de formação Campestre, com perda de número de fragmentos e de área. É uma classe que apresentou expressivo número de fragmentos menores que 1ha apesar desses fragmentos não apresentarem áreas expressivas. Colli et al. (2013) apontam que em paisagens bastante fragmentadas, subprojetos demonstraram o valor de pequenos fragmentos (menor que 100ha) para conservação da biota. E segundo Aquino e Miranda (2008) os fatores externos exercem grande influência em fragmentos pequenos, como fogo, invasão de espécies alóctones, entre outros fatores que diminuem as chances de sobrevivência de determinadas espécies nativas. Vale lembrar que esses são fatores frequentes no uso agrícola. Para Cerqueira et al. (2003) a fragmentação é considerada a alteração de habitats e em larga escala, esse processo pode culminar em habitats ruins, ou negativos para um grande número de espécies.

O processo histórico de uso ocupação da MRVRB provocou fragmentação da vegetação nativa. Os fragmentos localizam-se sobretudo em Áreas de Preservação Permanente de canais de drenagem, como é o caso das formações Florestais, e ocorre também concentração de formação Savânica em áreas de relevo movimentado ao norte da MRVRB. Diante desse cenário a análise Têmporo-espacial permite identificar que a

fragmentação já se encontra em elevado estágio de impacto. Dados do IBGE (2010) apontam que o processo de uso ocupação antecede ao período de expansão da fronteira agrícola, mas ocorre por intervenção humana no período descrito como zona pioneira, intensificada pela expansão da fronteira agrícola, e em curso até os dias de hoje. Sobre a fragmentação Fizon et al (2003) explicam que a agricultura e a pecuária exercem forte pressão, com desmatamento, superpastoreio, monocultura, uso do fogo além de uso de agrotóxicos, promovendo a diminuição da diversidade da flora e fauna impactando até mesmos os recursos hídricos.

Em complementação dos dados de fragmentação segue-se a análise de métricas de conectividade isolamento e área de borda, métricas geradas também no *Software FRAGSTATS* esses índices de distribuição espacial da paisagem foram gerados como mostra a tabela 4.

Tabela 4. Índices de paisagens da MRVRB, com valores das métricas de conectividade, isolamento e área de borda por classe de uso do solo e remanescentes do Cerrado de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013.

1985					
CLASSES	NP	TE (m)	TCA	CPLAND	ENN_MN
Agricultura	787	16.832.400	262.443	19	441,2461
Área Urbana	17	465.210	14.238	1	252,4616
Cana-de-açúcar	9	201.840	2.457	0,18	259,1799
Formação Campestre	929	11.311.590	83.991	6	584,1871
Formação Florestal	948	14.549.730	116.118	9	409,9831
Formação Savânica	578	19.104.390	515.916	38	402,4593
Pastagem	883	14.886.660	139.471	10	487,9419
1995					
CLASSES	NP	TE (m)	TCA	CPLAND	ENN_MN
Agricultura	548	19.458.600	555.657,21	40,88	291,7581
Área Urbana	10	211.680	2.922,75	0,21	20351,24
Cana-de-açúcar	38	909.450	25.068,69	1,84	674,1665
Formação Campestre	1011	11.217.330	73.291,14	5,39	511,4468
Formação Florestal	1079	18.560.430	100.299,69	7,38	309,4857
Formação Savânica	551	6.465.660	75.464,64	5,55	108,349
Pastagem	824	18.368.370	298.437,39	21,96	309,3172
2005					
CLASSES	NP	TE (m)	TCA	CPLAND	ENN_MN
Agricultura	731	22.921.830	654.909,39	48,19	278,7836
Área Urbana	11	143.460	2.308,77	0,16	15649,25
Cana-de-açúcar	37	998.910	29.566,71	2,17	658,4274
Formação Campestre	603	8.250.360	57.018,78	4,19	672,0003
Formação Florestal	1225	18.491.730	105.064,02	7,73	336,6293

Formação Savânica	529	6.401.730	41.832,45	3,07	884,7353
Pastagem	699	16.207.140	252.122,67	18,55	334,4378

2010

CLASSES	NP	TE (m)	TCA	CPLAND	ENN_MN
Agricultura	561	20.629.770	577.808,10	42,51	312,9006
Área Urbana	12	212.850	3.299,94	0,24	17939,22
Cana-de-açúcar	124	2.596.290	66.934,26	6,69	463,3074
Formação Campestre	829	9.069.990	57.914,28	4,26	607,7323
Formação Florestal	1076	20.240.700	97.438,05	7,16	304,4884
Formação Savânica	446	7.311.480	57.145,50	4,2	1008,449
Pastagem	621	15.942.840	271.849,68	20	376,7065

2013

CLASSES	NP	TE (m)	TCA	CPLAND	ENN_MN
Agricultura	665	21.365.580	565.938,54	41,6436	323,8697
Área Urbana	18	230.760	3.151,98	0,2319	10382,22
Cana-de-açúcar	157	3.814.230	105.685,92	7,7767	486,5307
Formação Campestre	1116	10.664.070	62.618,67	4,6077	543,1296
Formação Florestal	955	15.264.480	74.813,4	5,505	347,4298
Formação Savânica	626	7.232.220	55.095,3	4,0541	830,0847
Pastagem	788	17.235.180	275.342,76	20,2606	425,0167

Legenda: NP é número de fragmentos; TE é o total de bordas em metros; TCA é o total de área central do fragmento em metros; CPLAND é a porcentagem que a área central daquela categoria ocupa na paisagem; ENN_MN é a distância euclidiana média do vizinho mais próximo metros. Fonte: Mapa de uso do solo e remanescentes do Cerrado da MRVRB de 1985, 1995, 2005, 2010 e 2013. Organização: Siqueira, 2012.

O número de fragmentos (NP) da classe de agricultura reduziu de 1985 para 1995, explicado anteriormente pelo aumento do número de fragmentos maiores e redução dos menores, acompanhado pelo aumento do total da área de borda (TE). A área nuclear ou central (TCA) assim como a porcentagem da área central (CPLAND) também apresentam aumento. Em 2005 o número de fragmentos (NP) volta a crescer, crescendo também o total da área de borda (TE), área nuclear (TCA) e a porcentagem da área central (CPLAND). Em 2010 ocorre um decréscimo das métricas NP, TE, TCA e CPLAND, voltando a crescer em 2013. A distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN_MN) reduz ao comparar 1985 e 2013 significando um aumento da agregação dos fragmentos da classe de agricultura.

Os fragmentos da classe de cana-de-açúcar em NP, TE, TCA e CPLAND apresenta crescimento, no entanto esse crescimento é mais pronunciado em 2010, reflexo da crescente expansão. A distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN-MN) é crescente até 2010, justificando a proximidade das áreas dos fragmentos

da classe de cana-de-açúcar, que tecnicamente são plantadas em um raio próximo como já discutido, devido à necessidade uso contínuo das usinas do produto e mesmo por uma questão biológica da planta para não haver perda de propriedades.

Entre 1985 e 1995 a classe de formação Campestre passa por um leve decréscimo em todas as métricas abordada exceto no número de fragmentos (NP), ou seja, perdeu em área e cresceu em NP. Reduziu o número de fragmentos (NP) quase pela metade em 2005, reduzindo também TE, TCA, CPLAND e aumentando a distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN-MN), fragmentando ainda mais a classe de formação Campestre. Em 2010 as métricas NP, TE voltam a crescer, mas TCA e CPLAND possuem um crescimento discreto, não recuperando a perda de fragmentos que ocorre de 1995 para 2005. Em 2013 encerra com saldo positivo em NP comparado a 1985. As demais métricas de 2013 são inferiores às de 1985, evidenciando que a formação Campestre está submetida a um aumento da fragmentação.

Nos fragmentos da classe de formação Florestal de 1985 para 1995 aumenta o número de fragmentos (NP), o total de bordas em metros (TE) e a porcentagem da área central (CPLAND), mas perde em total da área central (TCA) e em distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN, MN). Há uma possível redução da fragmentação da classe, mas que em 2005 ocorre um discreto crescimento, de 2010 a 2013 a classe perde em número de fragmentos (NP), total da área de borda (TE), total de área nuclear ou central (TCA) e a porcentagem da área da classe na paisagem (CPLAND) tendo um crescimento na distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN-MN), encerrando com um saldo negativo, observando que volta a aumentar o processo de fragmentação da classe.

A Formação Savânica de 1985 para 1995 reduz significativamente o total de área de borda (TE), a área nuclear ou central (TCA) e a porcentagem da área central da classe (CPLAND), reduz também a distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN-MN), observando que esses são os fragmentos que se concentram na porção centro-norte e a nordeste da MRVRB com relevo mais pronunciado, onde predominam Cambissolos e Neossolos, área de aptidão regular e até mesmo área inaptas às lavouras. De 1995 para 2005 houve apenas um decréscimo significativo de área nuclear ou central (TCA) e porcentagem que a área ocupa (CPLAND), aumentando a distância euclidiana (ENN-MN). Em 2010 reduz NP, TE e TCA, ao comparar 2013 com 1985 o saldo é positivo apenas em NP as demais métricas o saldo é negativa, a fragmentação desta classe também continua a acontecer, apesar de se encontrar em áreas mais concentradas

do que as classes de formação Florestal e Campestre que ocorrem em sua maioria nos canais de drenagem, na função das áreas de preservação permanente.

Quanto à classe de fragmentos de Pastagem de 1985 para 1995 aumenta em área total de borda (TE), a área nuclear ou central (TCA) praticamente duplica assim como a porcentagem que esta área central ocupa na paisagem (CPLAND) e reduz a distância euclidiana média do vizinho mais próximo (ENN-MN), o que representa um aumento na agregação desses fragmentos no período. De 2005 a 2010 ocorre redução em todas as métricas de Pastagem (NP), (TE), (TCA), (CPLAND) e (ENN-MN), voltando a crescer em 2013, assim com a classe de Agricultura também cresceu em 2013, ressaltando que nesse mesmo período ocorre redução das métricas de outras classes como formação Florestal e formação Campestre.

Em suma, os fragmentos ficam menores e mais distantes uns dos outros. Estudos recentes apontam que, no Cerrado brasileiro, a estrutura diamétrica e estado de conservação em fragmentos florestais, têm como principais agentes de degradação: a presença de gado, a presença humana e o corte seletivo de lenha (CABACINHA e CASTRO, 2010). E sobre o processo de fragmentação, Cerqueira et al (2003) aponta que a fragmentação de habitats é possivelmente a mais profunda alteração causada pelo ser humano ao meio ambiente. O Brasil é visto como o celeiro do mundo e a região Centro - Oeste revela um histórico de intensas transformações no uso do solo e impactos ambientais decorrentes dessas transformações, que estão impactando a cobertura nativa.

O Cerrado, bioma predominante no Centro-Oeste, é área alvo da recente expansão da monocultura da cana-de-açúcar, para produção de biocombustível, e vem mostrando um contínuo e rápido crescimento como apontaram os dados de uso ocupação do solo da MRVRB. Tendo em vista os possíveis impactos dessa nova expansão, mesmo ocorrendo em áreas já em uso, são necessários estudos mais aprofundados, a respeito da intervenção direta dos órgãos públicos no rigor da fiscalização e uso das leis, sobretudo as leis relativas ao meio ambiente em prol de sustentabilidade e manutenção de recursos que são finitos. Janzen et al. (1980, p.64) afirma que “[...] a monocultura tropical é um desvio marcante do espaçamento natural das plantas, na maioria das áreas de alta produtividade primária”.

Os resultados das métricas analisadas para a MRVRB permitem afirmar que o processo de fragmentação se deu com a expansão da modernização agrícola mas continua ocorrendo, mesmo que em uma escala menor, no entanto, agora afetando áreas

consideradas frágeis e mesmo áreas de preservação permanente, onde o impacto pode se tornar ainda maior, somado à perda incalculável de biodiversidade que a área já passou, podendo comprometer os recursos hídricos da área.

A seguir a MRVRB foi dividida em compartimentos segundo seus atributos físicos com intuito de identificar a área físico-ambiental pelo qual o cultivo da cana se expande, e identificar assim que ambiente está sendo usado para a expansão, visto que há áreas frágeis.

4.3 Compartimentação Morfopedológica da Microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO

Os condicionantes físicos como relevo, solos, hidrografia e o apoio e incentivos do governo favoráveis à produção do biocombustível etanol, impulsionam o processo de expansão da cana-de-açúcar na MRVRB. Com a intensificação da nova transformação da paisagem na expansão recente surge a possibilidade de impactos e o estudo integrado das variáveis físicas torna-se ferramenta para planejamento do uso ocupação da área. Este dá suporte ao zonear a área segundo seus aspectos físico-ambientais.

Os produtos cartográficos foram fundamentais no estudo e na elaboração da compartimentação da área, além da correlação com as atividades antrópicas já mapeadas. Para Tricart (1977, p. 68) “[...] a degradação deve ser examinada, simultaneamente, sob os diversos aspectos que se condicionam uns aos outros.”. Uma paisagem possui um contexto com variáveis, abordá-las auxilia na compreensão da diversidade, tanto diante das ações endógenas, como exógenas de um ambiente.

Na MRVRB foram identificadas quatro áreas homogêneas denominadas de compartimentos morfopedológicos - CMP (CASTRO e SALOMÃO, 2000), cujas áreas são bastante próximas, porém as características do meio físico e consequentemente do uso são bastante distintas (Figura 32 e Tabela 5). Os mapas temáticos serviram de base para a compartimentação morfopedológica, como os de Geologia, Geomorfologia e Pedologia, possibilitando reconhecer e delimitar os compartimentos por correlação espacial.

Os eixos analisados no mapa de solos e no de declividade, bem como as características fisiografias de cada compartimento permitiram escolher seções topográficas representativas de cada CMP, os quais estão indicados no respectivo mapa dos CMP (Figura 32).

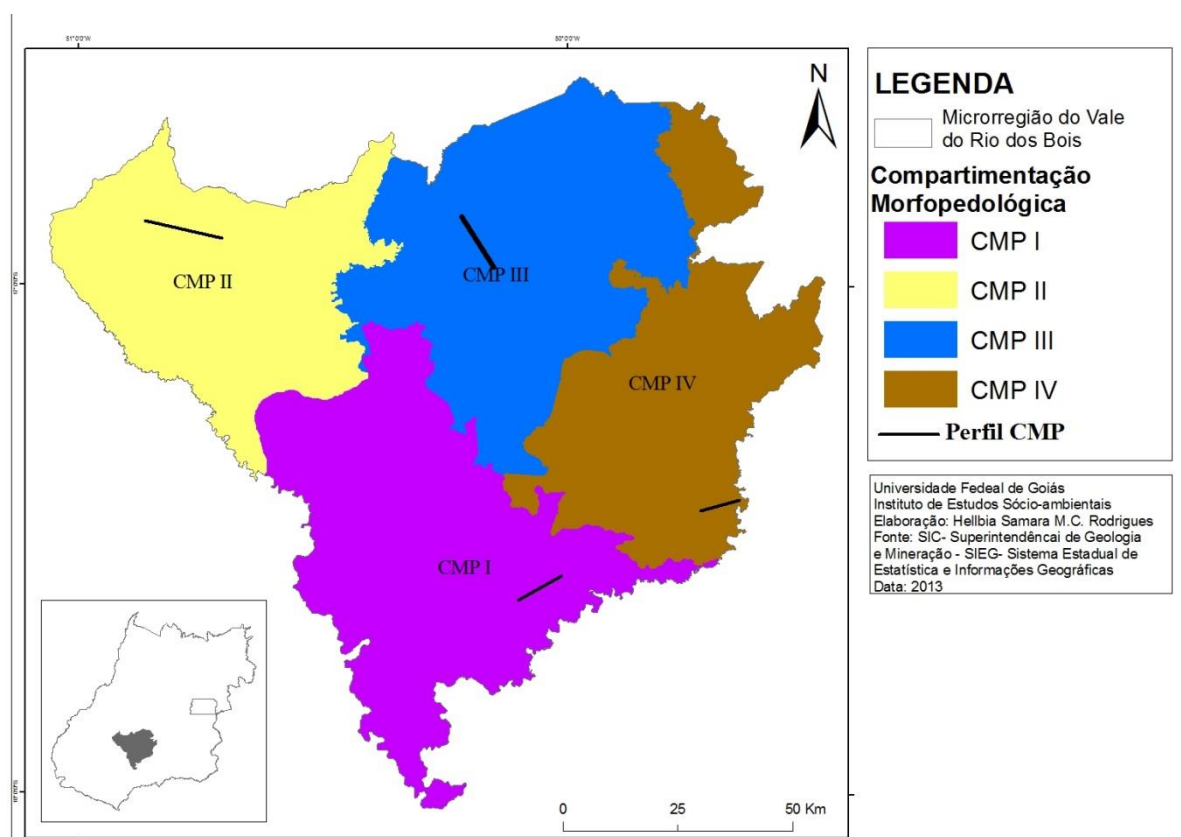


Figura 32. Compartimentação Morfopedológica da Microrregião do Vale do Rio dos Bois - Goiás com indicao dos eixos topográficos representativos de cada um. Fonte: Rodrigues (2013).

Tabela 5. Compartimentos Morfopedolgicos da Microrregião do Vale do Rio dos Bois- GO.

CMP	Características	Km	%
CMP – I	Predominam Latossolos sob os basaltos, em relevo plano a suave ondulado, da Superfície Regional de Aplainamento IVB.	3.946,74	29
CMP – II	Litologia diversificada com Arenitos, Diamictitos, Depósitos de Areia: expressiva ocorrência de Neossolos. Ocorrência da Superfície Regional de Aplainamento IIB a leste e oeste, da Superfície Regional de Aplainamento IIIB a sul e na porão central e norte Zona de Erosão Recuante.	2.931,69	22
CMP – III	Predomina Gnaisse, Tonalito, Granito e uma pequena parcela de Xisto. Ocorrem Cambissolos, Latossolos e fragmentos de Gleissolos e Argissolos: a maior variabilidade de solos ocorrem num relevo de Morros e Colinas na porão central e sul, nas demais áreas ocorrem Superfície Regional de Aplainamento IVB.	2.960,41	22
CMP – IV	Predominância de Xisto: Relevo movimentado com ocorrência de morros e colinas ao norte,	3.751,28	28

	seguido por uma superfície regional de aplainamento IIIB ao sul onde ocorrem grande variação de solos os Latossolos, Cambissolos, Gleissolos		
Total		13.590,12	100%

Fonte: Rodrigues (2013).

No CMP I o relevo varia de plano a suave ondulado, predominam os Latossolos e atividade agrícola intensiva, diferentemente do CMP II com relevo movimentado e predominância de Neossolos, considerados frágeis, e de pastagem (Figura 32). O perfil topográfico do CMP I (Figura 33) representa bem o predomínio de relevo variando de plano à suave ondulado, com altitude entre 530 a 550m, associado à Superfície Regional de Aplainamento IVB, com dissecação fraca, domínio de Latossolos e de agricultura, além de ocorrência de inexpressivos remanescentes do Cerrado.

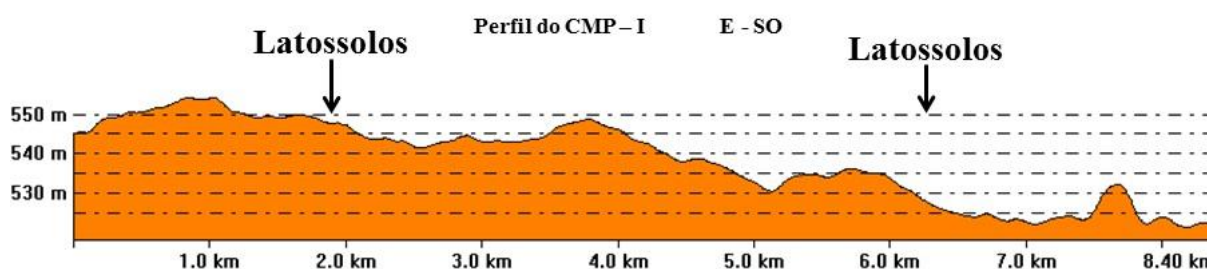


Figura 33. Perfil topográfico do CMP- I

O perfil topográfico do CMP II (Figura 34) evidencia bem o predomínio dos Neossolos no relevo mais elevado que varia de 600 a 800m de altitude, e de Argissolos no relevo mais dissecado e rebaixado, sendo que no front do mais elevado situa-se a denominada Zona de Erosão Recuante – onde a dissecação é média. A atividade antrópica predominante é a pecuária por todo o compartimento.

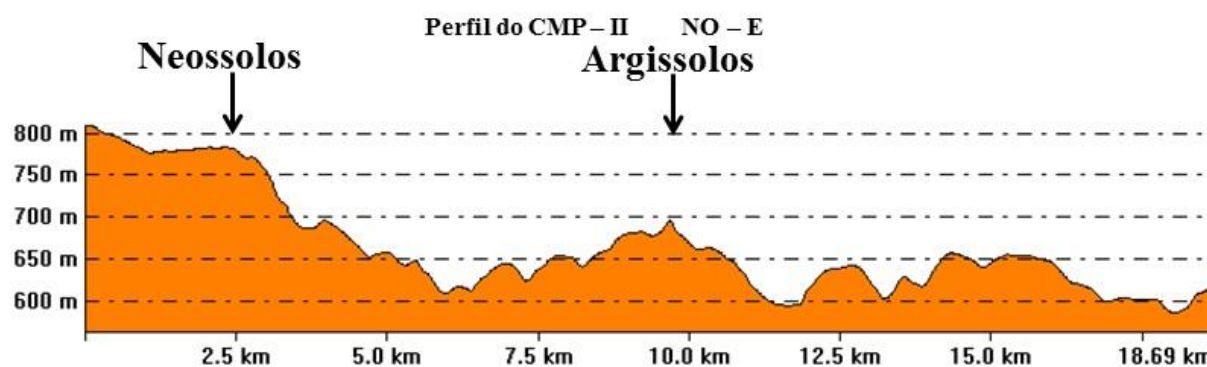


Figura 34. Perfil topográfico do CMP- II.

No CMP III também predominam os Latossolos associados ao uso agrícola intensivo, mas na sua porção centro e sul registra-se a ocorrência de Cambissolos associados ao relevo mais movimentado e marcado por morros e colinas ocupadas por pastagem e remanescentes de Cerrado (Figura 35). No perfil topográfico do CMP III pode-se constatar que os solos variam de Cambissolos a Latossolos. Nos Cambissolos predomina o relevo típico de Morros e Colinas com dissecação forte e os Latossolos encontram-se associados à SRA IVB, com cotas entre 500 e 700m de altitude.

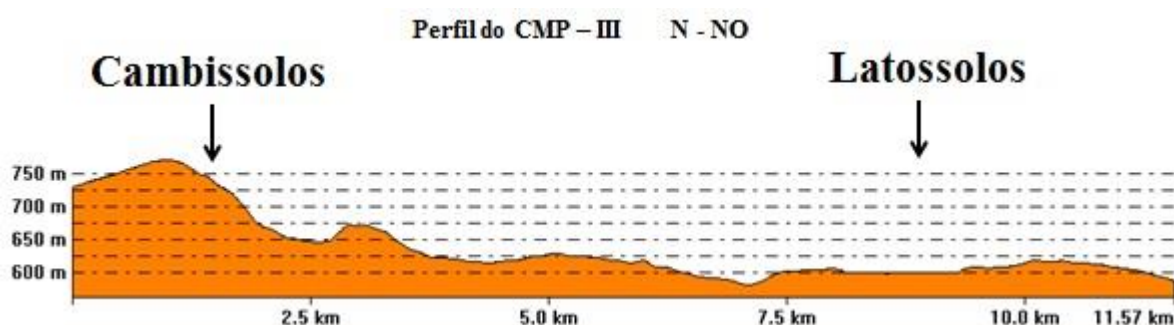


Figura 35. Perfil topográfico do CMP- III.

O CMP IV é o mais diversificado de todos, com grande ocorrência de Gleissolos e Cambissolos, com pequenas áreas com Argissolos e Latossolos, predomina a pastagem, seguida de agricultura e numerosos remanescentes do Cerrado (Figura 36). O perfil topográfico do CMP IV evidencia grande variação de solos como Latossolos, Cambissolos e Gleissolos, além de relevo movimentado associado à SRA IIIB, com cotas entre 650 e 750m, dissecação média e domínio de agropecuária

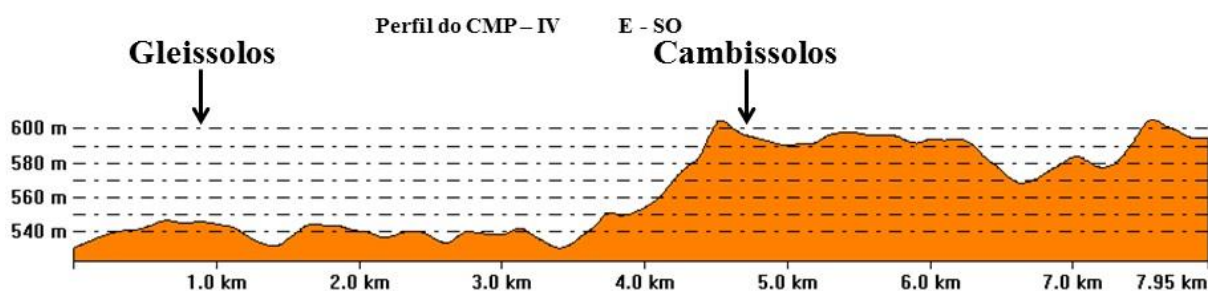


Figura36. Perfil topográfico do CMP- IV.

O CMP I se destaca por ser o mais favorável à exploração agrícola intensiva, na qual justamente se encontra o cultivo da cana-de-açúcar, fato confirmado pelo mapa de uso das terras. Nos demais compartimentos, devido às características que levam a

restrições ao uso e ocupação, como relevo mais movimentado, declives mais pronunciados e solos de menor potencial agrícola, como Neossolos e Argissolos, predomina a atividade de pastagem.

Os atributos do meio físico são considerados variáveis importantes na limitação da expansão da monocultura da cana-de-açúcar, como os limites físicos das declividades superiores a 12% ou mesmo áreas de grande variabilidade de declividade, como as que ocorrem nos CMP III e IV, que não são favoráveis à mecanização dificultando o cultivo da cana-de-açúcar. Quanto à variabilidade de solos, até o momento a cana-de-açúcar se expandiu sobre Latossolos, substituindo áreas de outras culturas agrícolas (soja, sorgo, milho etc), e ainda não chegou aos solos frágeis como Neossolos Quartzarênicos, embora sejam aptos ao cultivo de cana-de-açúcar, como os localizados no CMP II.

Os atributos físicos apresentados mostraram-se importantes, pois valorizam a discussão sobre a expansão da monocultura canavieira, revelando a preferência pelo CMPI onde dominam os Latossolos, os declives suaves, as extensões contínuas, além da logística e da maior proximidade do extremo Sul Goiano. Diante dos aspectos físicos da área nota-se que há limitações para produção agropecuária e mesmo de cultivo da monocultura da cana-de-açúcar. Assim faz-se importante a análise da aptidão agrícola das áreas, para compreender as limitações da MRVRB e possibilitando apontar as áreas que possuem restrições, abordado no tópico a seguir.

4.4 Análise Comparada entre a Expansão da Cana-de-açúcar e a Aptidão Agrícola das Terras.

Considerando o processo de expansão, as características físico-ambientais da MRVRB, optou-se por uma análise numa perspectiva de comparação, incluindo a variável aptidão agrícola. Assim foram comparados os mapas elaborados de uso do solo e cobertura vegetal, esta aqui denominada de remanescentes do Cerrado, dos anos de 1985 e 2010, com a identificação das áreas de cana.

Analizando o mapa de uso do solo e remanescentes da microrregião em 1985 (Figura 37), pode-se notar que a mesma já apresentava intenso uso de suas terras, com cobertura vegetal natural já fragmentada, dentre as classes de fragmentos identificadas estão a Formação Campestre, Savânica e Florestal. A agricultura se destacava como a principal classe de uso identificada nesse ano, abrangendo 40,33% da área total da

MRVRB, seguida pela classe de pastagem com 21,35%. Nesse momento já se constatava área de plantio de cana-de-açúcar, mas representava apenas 1,08% da sua área total (Figura 37).

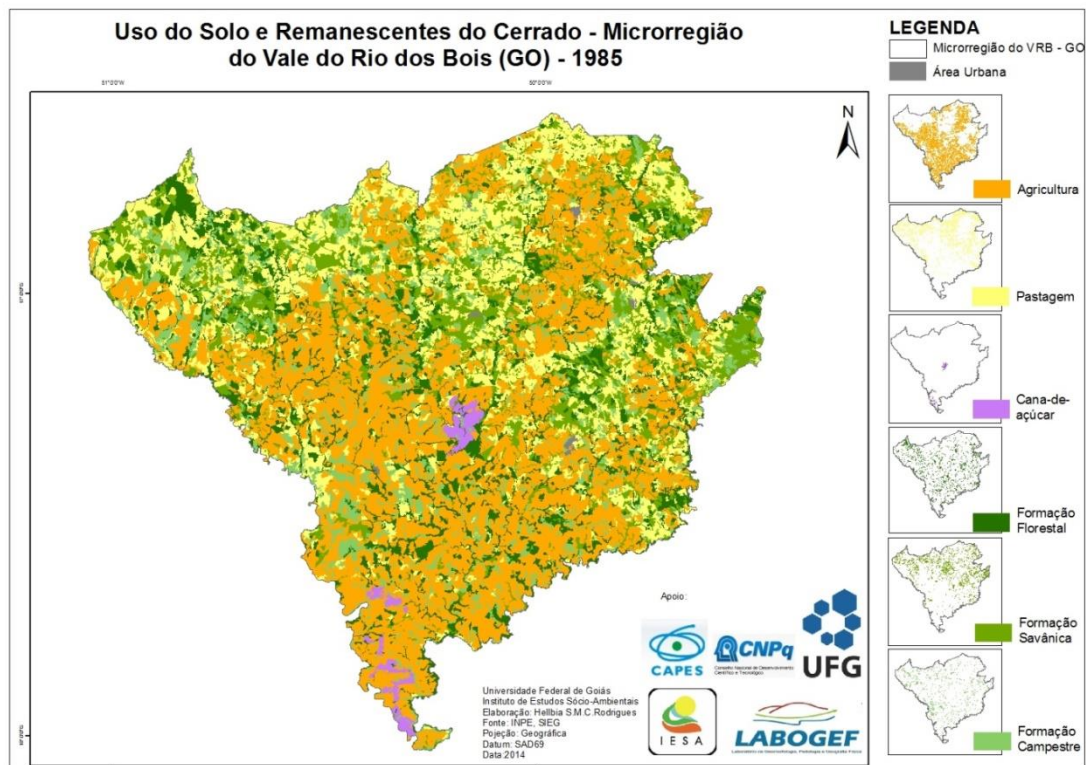


Figura 37. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado – Microrregião do Vale do Rio dos Bois (GO) – 1985. Elaboração: Rodrigues e Castro (2013).

Ainda em 1985, quanto aos remanescentes de Cerrado a MRVB cobriam ~37% da área total, distribuídos em Formação Campestre representava 9,38% da área, a Formação Florestal com 12,89% e a Formação Savânica com 14,72%. Os remanescentes localizavam-se mais concentrados nas áreas de relevo mais movimentado, associado à Cambissolos e Neossolos Litólicos. A fronteira agrícola já havia se consolidado devido à modernização da agricultura e as áreas de declive plano a suave ondulado já se encontravam ocupadas por agricultura (MIZIARA et al. 2006).

Em 2010, passados 25 anos, o processo histórico de transformação do uso e ocupação das terras da MRVRB continuava ocorrendo, mas desta feita marcado por uma recente expansão canavieira que avançava sobre as áreas de grãos, e já contando com 4 usinas em funcionamento. Nesse ano a agricultura representava ~ 45%, a pastagem ~ 22%, e a área de cultivo de cana-de-açúcar representava 5% da área total da MRVRB, não correspondendo a um número expressivo na escala microrregional

(Figura 38). No entanto, dados da CONAB de 2008/2009, mostram que os municípios da MRVRB se destacam no Estado de Goiás quanto à produtividade da cana, como Acreúna com produtividade de 107.000 (Kg/ha), Paraúna com 104.630 Kg/ha e Edéia 103.610 Kg/ha. Na produção, igualmente se destacam Acreúna com 178.000 mil/t, Paraúna com 450.000 mil/t somadas a Turvelândia com 3.380.000 mil/t. O uso do solo apoiado em modernas tecnologias de cultivo da cana pode justificar essa produção.

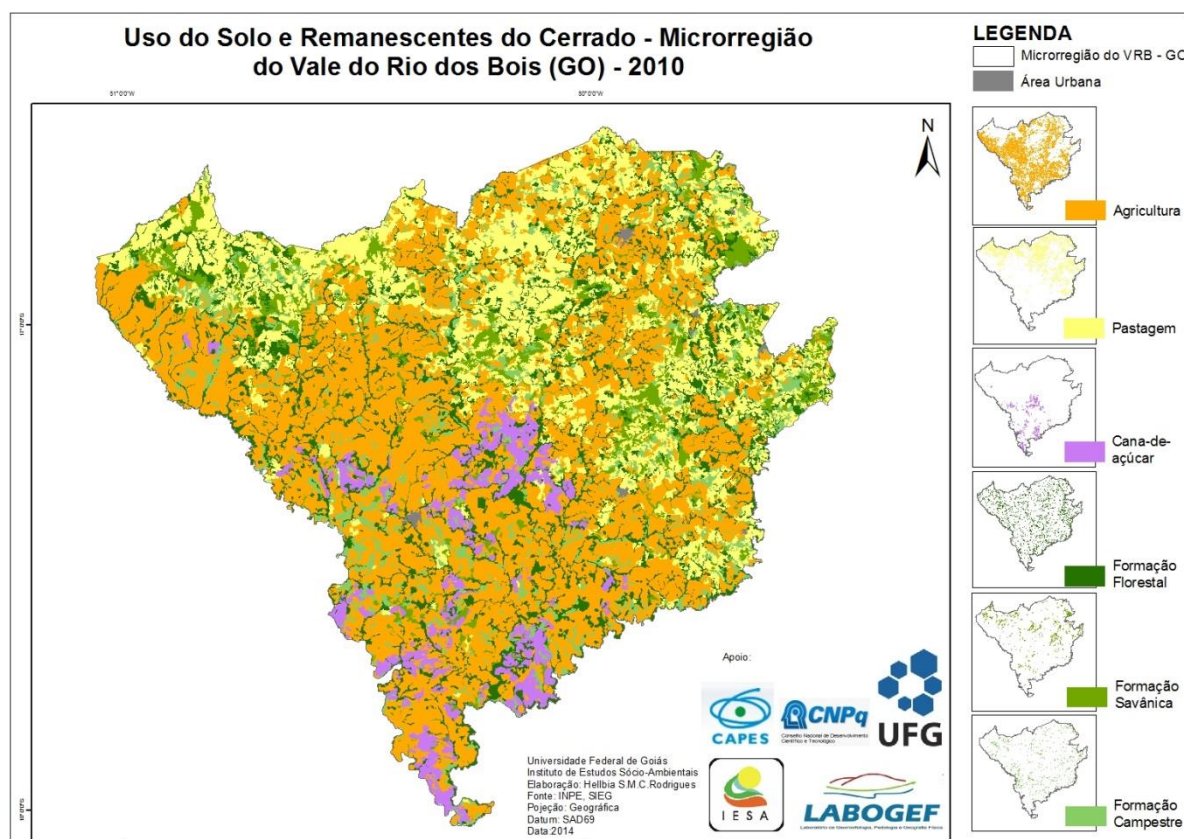


Figura 38. Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado da microrregião do Vale do Rio dos Bois 2010. Elaboração: Rodrigues e Castro (2013)

Os remanescentes do Cerrado nesse ano de 2010 reduziram em quase 10% passando a corresponder à ~28% da área Total da MRVRB. A formação Florestal corresponde a 14,2%, a formação Campestre a 6,94% e a formação Savânica a apenas 6,52%, o que permite afirmar que em relação a 1985, a fitofisionomia mais afetada foi a formação Savânica, reduziu 8,2 %, enquanto a formação Florestal aumentou 1,31% e a Campestre reduziu 2,44%. Já a agricultura aumentou quase 5%, entretanto, a cana-de-açúcar aumentou quase 4,1%, enquanto os pastos aumentaram apenas 0,56% de área (Figura 39).

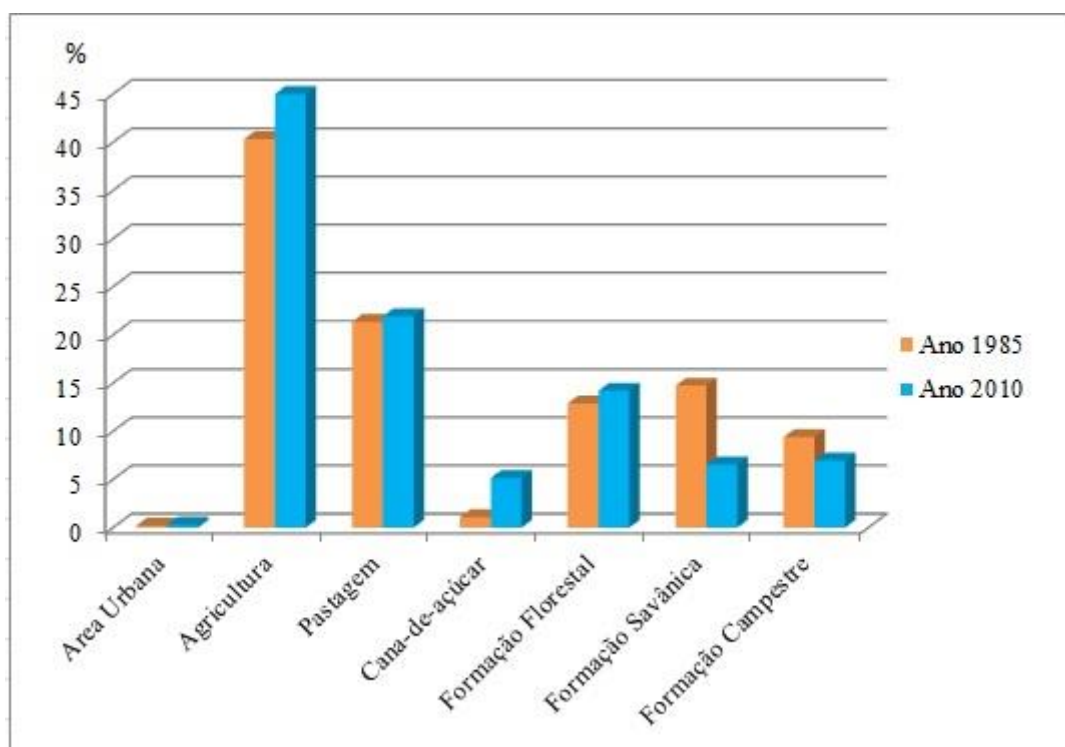


Figura 39. Comparativo do uso das terras de 1985 e 2010.
Elaboração: Rodrigues (2013).

Essa análise comparativa do uso das terras e remanescentes da MRVRB entre 1985 e 2010 permite ainda constatar que a cana-de-açúcar substituiu a área de grãos existentes em 1985, sobretudo a soja, segundo censo do IBGE (2010). Todavia, pode-se constatar também que o cultivo da cana não se limitou às fronteiras municipais, mas seguiu a oferta de infraestrutura viária e acesso à mão-de-obra, além é claro, de condições favoráveis como solo, relevo e hidrografia. Em consequência, o uso agrícola intensivo e prolongado das terras da MRVRB pode promover impactos, pois dados do ZAE-Cana (MANZATTO et al, 2009) indicaram aptidão regular para as terras, o que torna essencial aprofundar a análise da aptidão agrícola, ampliando a escala já que aquela estava em 1:250.000. Optou-se pela metodologia de Ramalho e Beek (1995) para elaborar o mapa de aptidão agrícola na escala 1:100.000 (Figura 40), de modo a compará-lo com o de uso do solo e remanescentes, ambos na mesma escala, com o intuito de identificar eventuais conflitos de uso, no que se refere principalmente às áreas de cultivo de cana.

A Figura 40 apresenta as classes de aptidão agrícola das terras identificadas para a MRVRB.

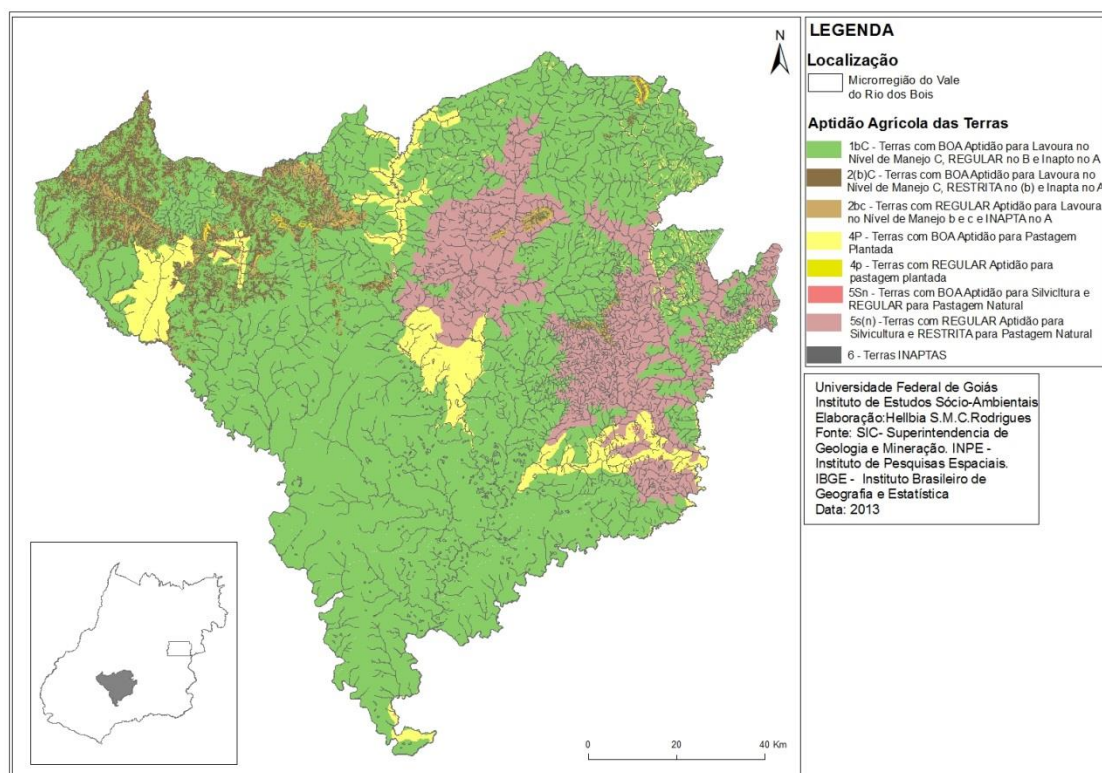


Figura 40. Aptidão Agrícola da Microrregião do Vale do Rio dos Bois.

Para a sustentabilidade da produção agrícola, a classificação da aptidão agrícola das terras é uma etapa básica (SCHINEIDER et al. 2007). O governo federal subsidiou a elaboração do ZAE-Cana, utilizando também o método de Ramalho Filho e Beek (1995), porém relacionou-se ao uso de 2006 e considerou apenas o nível de manejo C, excluindo as terras com declividade superior a 12%, como exigido para o cultivo da cana-de-açúcar. Segundo o ZAE- Cana, as áreas indicadas para a expansão compreendem aquelas edafoclimaticamente aptas com declividades inferiores a 12%, atualmente com produção agrícola intensiva, produção agrícola semi-intensiva ou pastagens.

No mapa de aptidão agrícola (Figura 40) o subgrupo de maior representatividade é o 1bC, com 50,44% da área total, que corresponde às terras com boa aptidão para lavoura no nível de manejo C, caracterizado pelo elevado investimento de capital e tecnologia no manejo, aplicando resultados de pesquisa. Vale lembrar que a motomecanização está presente nas diversas fases do sistema produtivo da cana (manejo C). Essa classe localiza-se em áreas de relevo variando de plano a suave ondulado, com predomínio dos Latossolo. Trata-se, portanto, da melhor classe para cultivo da cana. Ocorrendo de forma expressiva segue-se o subgrupo 5s(n), com 21,69% das terras,

correspondente às terras com regular aptidão agrícola para silvicultura e restrita para pastagem natural. Nela são encontrados os Cambissolos em relevos mais movimentados. As áreas inaptas representam 7,86%.

Os demais subgrupos apresentam áreas pouco expressivas, mas destacam-se: o subgrupo 2(b)C com 5,72%, das terras com boa aptidão para lavoura no nível de manejo C, restrita no (b) e Inapta no A, seguida pela 2bc, com 4,74% de terras com regular aptidão para lavoura no nível de manejo B e c e inapta no A. Finalmente os subgrupos 4P que representa 5,85% com boa aptidão agrícola para pastagem plantada, o 4p com 2,75% de aptidão regular para pastagem plantada e as terras do subgrupo 5Sn representam quase 1% da área total, com boa aptidão para silvicultura e regular para pastagem natural.

Comparando-se o mapa de aptidão agrícola (Figura 40) com o de uso e remanescentes (Figura 38) pode-se constatar que as áreas de cultivo de cana se situam em áreas aptas ao seu cultivo, substituindo áreas agrícolas existentes em 1985 (Figura 37), ao contrário do que é proposto no PNA- Plano Nacional de Agronegria (MAPA, 2006), em que as áreas preferenciais para a expansão são as áreas de pastagem degradada. Analisando-se o ZAE-Cana elaborado pelo Estado (Figura 41) e os dados dele extraídos (Tabela 06), observa-se que a classe em branco corresponde às áreas que já possuíam cultivo de cana-de-açúcar do ano de 2006 e áreas inaptas ao plantio, com declividade superior a 12%, além de áreas de preservação permanente (FERRAZ, 2012).

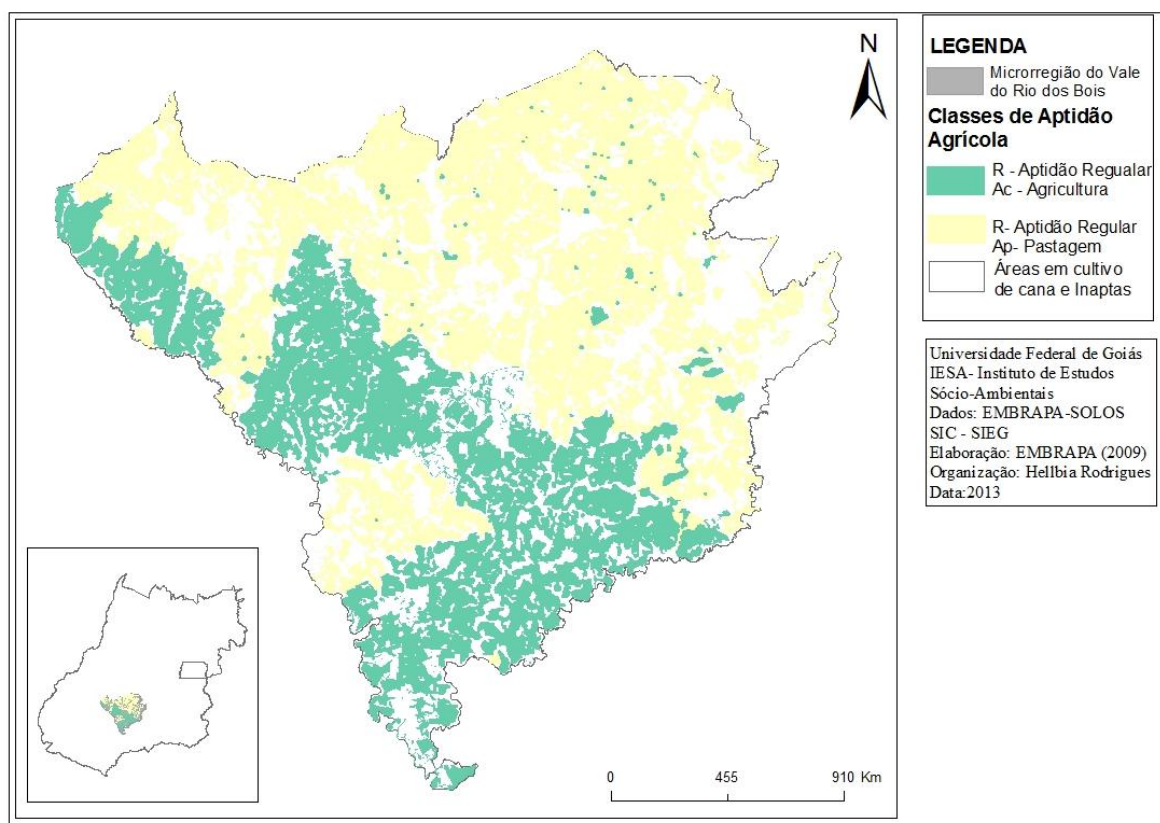


Figura 41. ZAE- Aptidão Agrícola Para Cultivo de Cana.

Elaboração: Manzatto et al, (2009).

Organização: Rodrigues (2012).

Tabela 06. Áreas de Aptidão Agrícola para Cultivo de Cana segundo o ZAE

Classe	Descrição	Km ²	%
R - Ap	Áreas aptas ao cultivo com aptidão agrícola MÉDIA, atualmente utilizadas com pastagens.	5.282,92	38,46
R - Ac	Áreas aptas ao cultivo com aptidão agrícola MÉDIA, atualmente utilizadas com agricultura.	3.667,77	26,96
-	Áreas inaptas ao cultivo da cana-de-açúcar. E áreas de cultivo de cana	4.641,31	34,14

Elaboração: Rodrigues (2013).

Com base na figura 41, na MRVRB são 8.950,69 Km² de áreas aptas ao plantio de cana, correspondendo à quase 70% da área total da microrregião. E ainda que a cana-de-açúcar reproduz a trajetória da expansão da fronteira agrícola da década de 1970. Isto se explicaria porque o modelo continua sendo o agroexportador como as commodities da modernização agrícola. Contudo, convém chamar a atenção para o fato de que a

MRVRB, alvo dessa configuração de território não é apontada como a principal produtora de cana-de-açúcar do estado de Goiás, pois Borges et al. (2011) demonstraram que a microrregião de Quirinópolis (MRQ) desempenha o papel de nova centralidade da monocultura da cana-de-açúcar no estado de Goiás, na qual a expansão se deu desde a partir de 2004, e do mesmo modo, por substituição de culturas, observando que a área até então não produzia cana-de-açúcar.

Vale a pena discutir um pouco a questão da MRQ para entender o que está ocorrendo na MRVRB. O município de Quirinópolis já é o maior produtor de cana do Estado, tendo superado Santa Helena que até 2010 era o município líder do *ranking*. Castro e Borges (2010) apontaram os dois principais fatores que justificam a expansão da cana-de-açúcar na MRQ e sua liderança no Estado, os edafoclimáticos e a logística.

Ao analisar o uso do das terras de 2010 da MRQ é possível observar que a expansão é mais pronunciada a leste-nordeste, como mostra a figura 42. Silva e Castro (2010) comparam os mapas de evolução de uso das terras da MRQ desde 2000, e afirmam que a expansão obedece ao eixo leste-oeste, isto é, se projeta dos melhores solos e relevo a leste, para oeste.

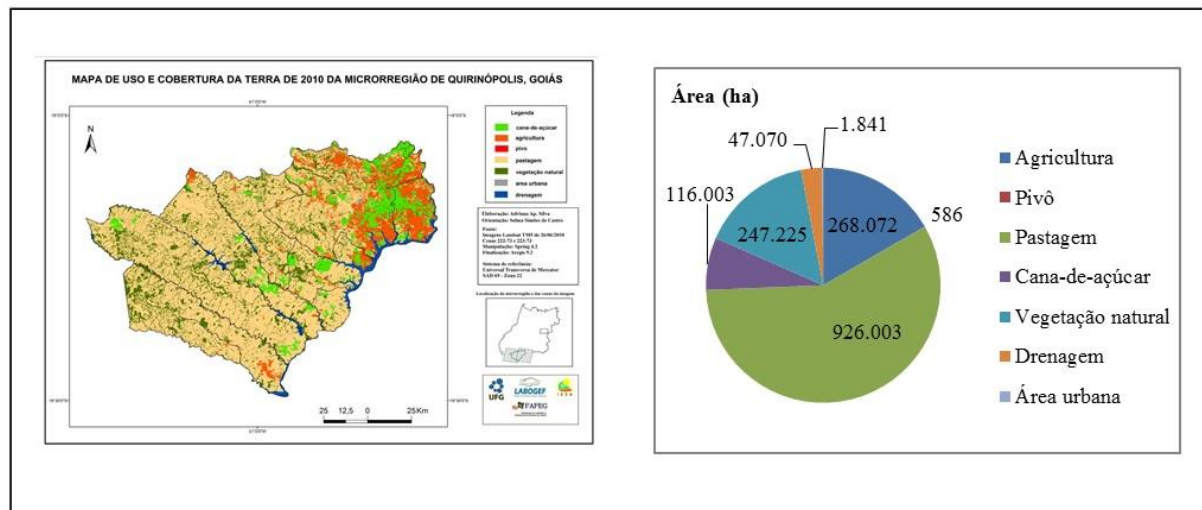


Figura 42. Mapa de uso e cobertura da terra de 2010 da microrregião de Quirinópolis, Goiás.
Fonte: SILVA e CASTRO (2010).

É possível notar que a cana-de-açúcar em 2010 cobria 116.003ha do território microrregional e 7 usinas. No mesmo ano, a MRVRB possuía quase 70.000 ha de sua área ocupados com cana-de-açúcar, mas apenas 4 usinas em funcionamento, ocupando ambas áreas de Latossolos. Entretanto, enquanto a MRQ parte de 0% de área com cana

em 2000, a MRVRB já plantava cana desde o PROALCOOL, e prossegue fazendo parte dessa nova expansão.

Na aptidão agrícola da MRVRB (Figura. 40) as áreas inaptas existentes são referentes as áreas de declives acentuados, topos de morros e fundos de vale que ocorrem mais na porção norte, além de áreas úmidas, áreas que em sua maioria coincidem com as APP de canais de drenagens. As áreas consideradas frágeis são mais propensas a impactos negativos que levam ao desequilíbrio do ambiente, tanto que são áreas resguardadas pela legislação federal. Pelo exposto, o estudo das APP dos canais de drenagem da MRVRB foi necessário e desenvolvido para avaliar se essa nova e recente expansão está invadindo áreas consideradas essenciais para a manutenção dos recursos hídricos.

4.5 Avaliação das Áreas de Preservação Permanente e suas Relações com a Expansão da Cana-de-açúcar.

Em uma perspectiva comparativa foram mapeadas as Áreas de Preservação Permanente (APPs) dos canais de drenagem da MRVRB, em 2005 e 2013, isso por que o Código Florestal, lei que regulamenta as APPs, estipula as áreas e métricas a serem preservadas, passou por reformulação em 2008. Assim, avaliar as APPs antes e depois das mudanças no código e sobretudo avaliá-las nessa nova expansão da cana-de-açúcar que se inicia em 2004 e vem até o estado atual, é importante para verificar se a cana-de-açúcar está sendo plantada nas áreas de APP de drenagem.

O Código Florestal Nacional reformulado e disposto na Lei Nº 12.651, de 25 de maio de 2012, em vigor, institui métricas para as APPs, foram mapeadas após a avaliação das larguras dos canais de drenagem aplicando *buffers* de 30, 50 e 100m de largura, perpendicularmente aos canais. O mapeamento não atingiu todos os parâmetros do novo Código Florestal, pois prevaleceram as métricas já estabelecidas, já que os novos parâmetros variam em relação ao tamanho do módulo fiscal, e por não haver um banco de dados da estrutura fundiária na MRVRB, foi avaliado segundo dispõem as métricas disponíveis.

A análise nos dois períodos é válida diante da necessidade de recomposição de APPs em caso de desconformidade com a lei, assim as propriedades diante do módulo fiscal precisou analisar a situação e adequar a métrica correta. As dificuldades nesse tipo de pesquisa se dá, pois, independente dos avanços tecnológicos por meio do

sensoriamento remoto e o geoprocessamento os avanços em relação à informação cartográfica pública de limites das propriedades rurais são praticamente inexistentes (SPAROVEK et al. 2011).

É válido ressaltar que o mapeamento das APPs de drenagem da MRVRB respeitou o recorte da microrregião, a qual possui duas regiões hidrográficas: a região hidrográfica do Paraná predominante na área e do rio Araguaia no extremo Noroeste da MRVRB. Segundo o mapeamento as APPs de drenagem representam 84.941,06ha, que equivalem a 6,24% da área total da MRVRB (Figura 43 e 44, Tabela 07).

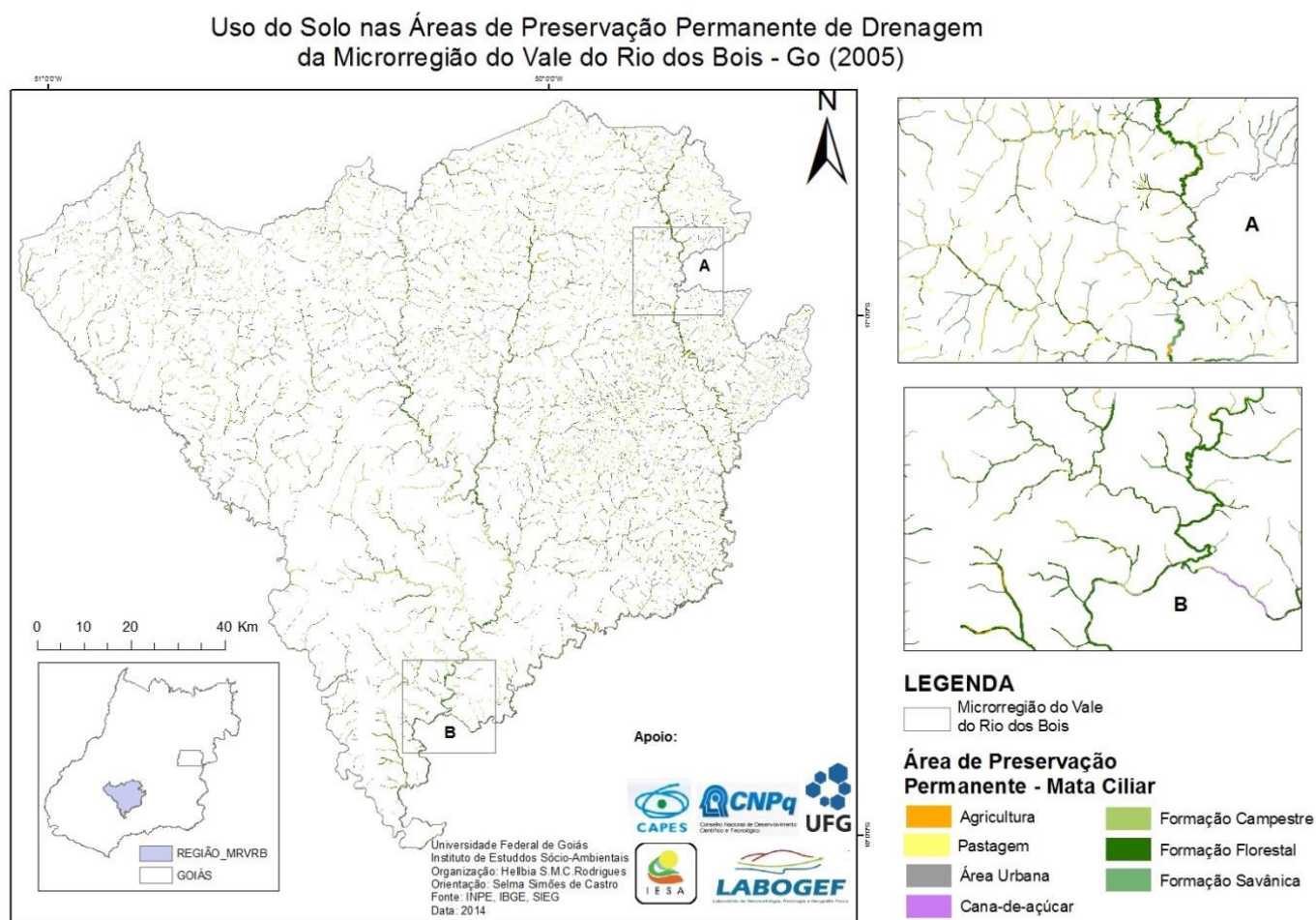


Figura 43. Uso do Solo nas Áreas de Preservação Permanente de Drenagens da microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO (2005).
Elaboração: Rodrigues e Castro (2014).

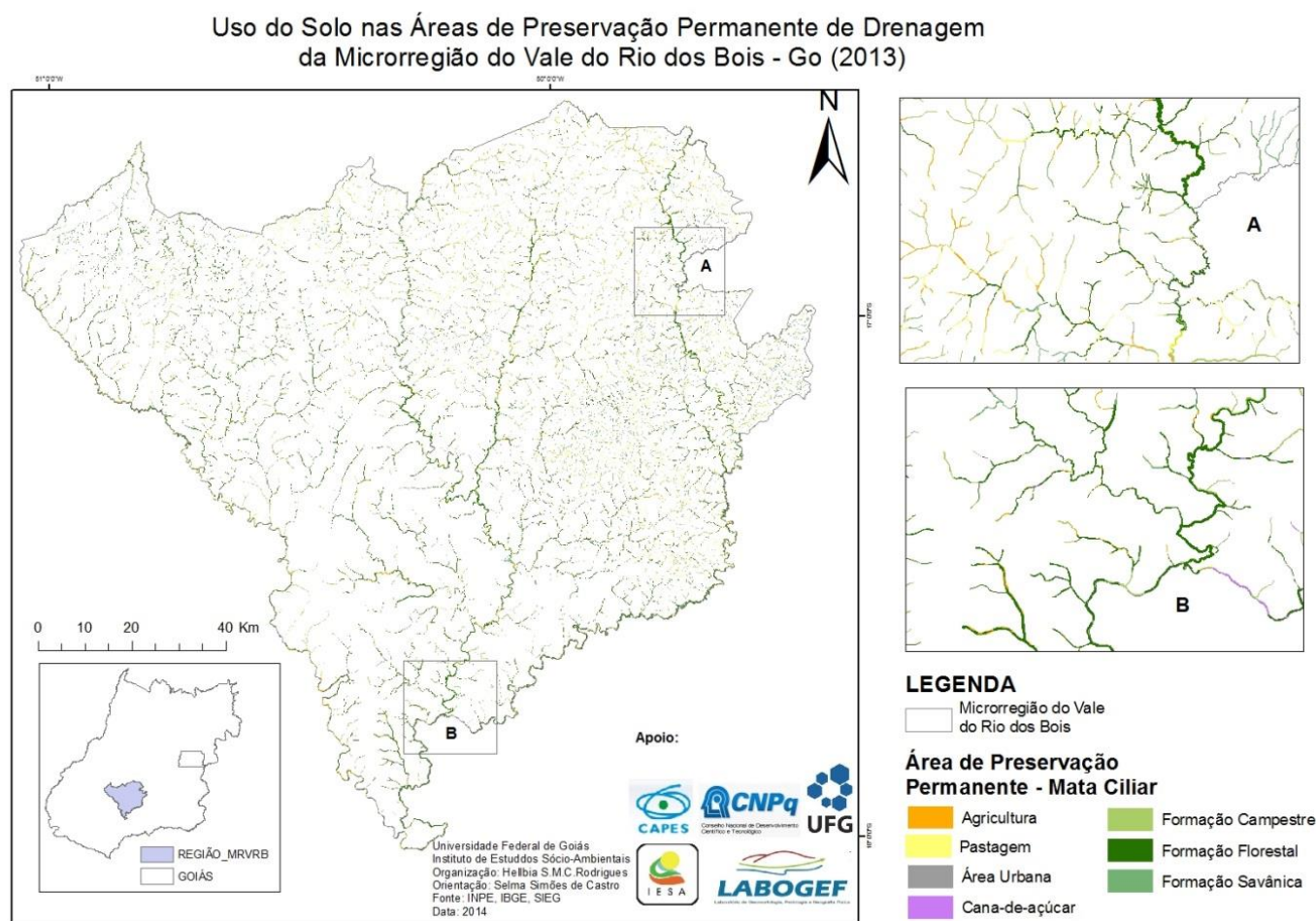


Figura 44. Uso do Solo nas Áreas de Preservação Permanente de Drenagens da microrregião do Vale do Rio dos Bois-GO (2013).
Elaboração: Rodrigues e Castro (2014)

Tabela 07. Comparativo de APPs de Redes de Drenagem da MRVRB 2005/2013.

Áreas de Preservação Permanente de Redes de Drenagem - MRVRB		
Classes	%	
	2005	2013
Agricultura	12,58	8,9
Área Urbana	0,04	0,06
Cana-de-açúcar	0,52	0,89
Formação Campestre	18,01	21,41
Formação Florestal	44,43	44,48
Formação Savânica	12,1	11,98
Pastagem	12,28	12,17
Total	100	100

Fonte: Mapas de uso do solo e remanescentes do Cerrado de 2005 e 2013.
Elaboração: Rodrigues (2014).

Ao analisar o mapa de o uso do solo e remanescentes (Figura 37), é possível constatar que as áreas de formação Florestal restringem-se às APPs. Em 2005 a formação Florestal representa 44,43% da área total, em 2013 passou a representar 44,48%, sendo a área mais representativa das APPs. Em seguida vem a classe de Formação Campestre com 18,01% em 2005 e 21,41% em 2013. Já a classe de Formação Savânica em 2005 representava 12,28% e 2013, diminuiu um pouco, para 11,98%, encerrando com um saldo negativo, que pode ser verificado na Figura 45. Por mais discreto que seja esse crescimento das classes de Formação Florestal e Campestre das APPs, é importante, pois são áreas sensíveis a impactos. Segundo Drew (1998) a remoção da cobertura vegetal interfere na transferência de nutrientes minerais do solo para a biomassa, as águas pluviais passam a um contato direto com o solo removendo mais nutrientes por lixiviação e escoamento devido a falta de interceptação das copas das árvores.

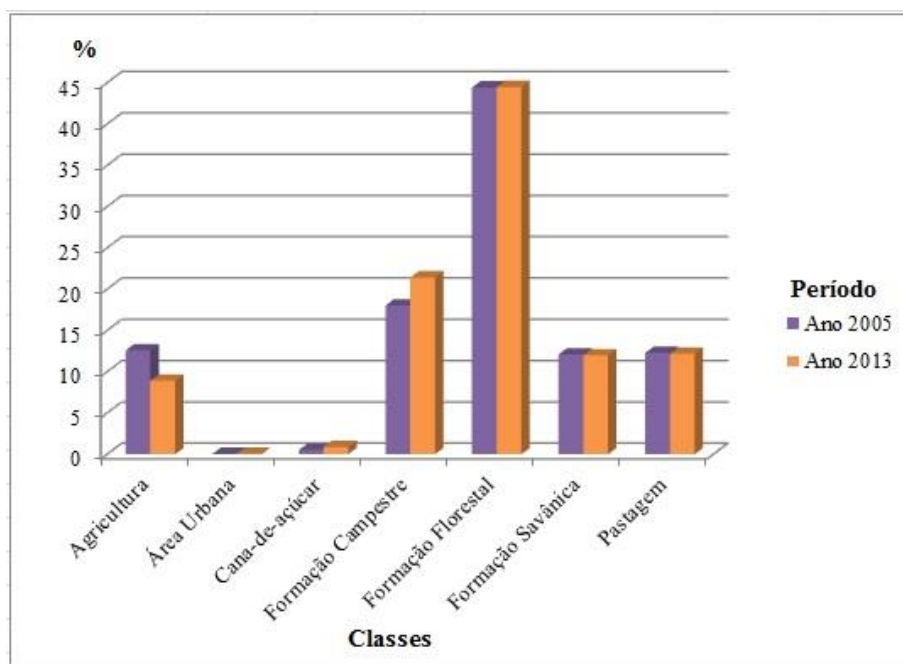


Figura 45. Comparativo das áreas de preservação permanente da MRVRB (2005/2013).
Elaboração: Rodrigues; Fonte: IBGE, 2014.

O uso antrópico exercido nessas áreas é representado pelas classes de Agricultura, Área Urbana, Cana-de-açúcar e Pastagem. A classe de Agricultura em 2005 representava 12,58% e em 2013, reduz para 8,18% um decréscimo de 3,68%. Na MRVRB há ocorrência de pequenos núcleos urbanos, no entanto, essas áreas apresentam uso em APPs de 0,04% em 2005 apresentando um leve acréscimo em 2013, para 0,06%. Quanto à cana-de-açúcar esta também apresentou uma pequena porcentagem áreas em APPs, sendo em 2005 era 0,52% e em 2013, 0,89%.

Segundo Pietrafesa (2012), para o município de Édeia, área da usina Tropical Bioenergia foi verificada a extração de água em lagoa para irrigação da cana-de-açúcar. E Ribeiro et al (2001) apontam que o uso da água para irrigação extraída de áreas de APPs é uma forma de provocar impacto direto.

A classe de Pastagem apresenta 12,28% em 2005 e em 2013, 12,17%, uma leve redução. Os impactos provenientes da concentração de gado em APP promove destruição da vegetação nativa e reduz a capacidade de infiltração (DREW, 1998). De acordo com Felfili (2001) o histórico de evolução do desmatamento de áreas florestais no bioma Cerrado está estritamente ligado à história da evolução da produção agropecuária da região.

Com base na metodologia usada foi possível constatar que a MRVRB possui 25,78% de APPs de canais de drenagem (de área antropizada em 2005 e em 2013, 22,02%, reduzindo 3,76% de sua área total antropizada) (Figura 46).

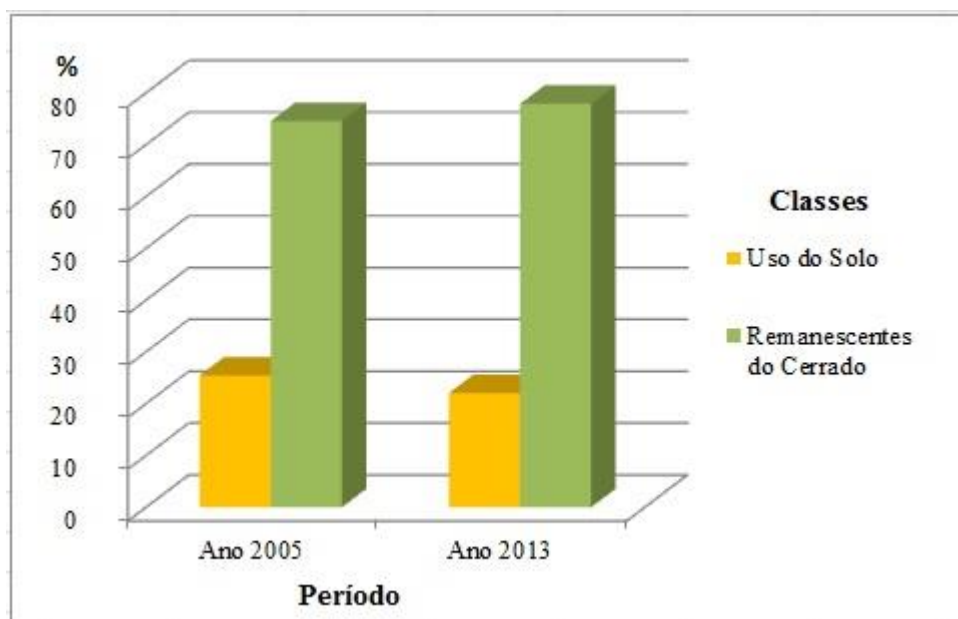


Figura 46. Comparativo Uso do Solo e Remanescentes do Cerrado (2005/2013).

Em 2013 as áreas de remanescentes do Cerrado nas APPs representam 77,87%, o que sugere que há uma área preservada considerável, mas não é o que ocorre, pois, essa análise está limitada aos *buffers* das métricas estipuladas pelo Código Florestal, assim é necessário a recomposição das áreas que estão em desconformidade com a Lei, e segundo a nova reformulação do Código Florestal os proprietários têm 5 anos a partir das mudanças em 2008, para estar em conformidade com a lei.

O uso exercido sobre as APPs pode acarretar impactos negativos ao meio ambiente, pois são áreas capazes de propiciar fluxo gênico entre populações, abrigam espécies endêmicas, servem de refúgio e fonte de alimento em período de queimadas, além de propiciar a proteção dos canais de drenagem evitando impactos de erosão e assoreamento. A cana-de-açúcar cultivada em APPs, mesmo que em pequena porcentagem, contribui para o impacto direto dessas áreas, fazendo-se necessária uma fiscalização mais intensa.

Em suma, a cana-de-açúcar não estaria provocando impactos diretos nas APP de canais de drenagem, mas indiretos, isto é, resultantes do deslocamento de culturas e pastagens por ela substituídas.

CONCLUSÃO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta pesquisa trabalhou com os aspectos históricos da mudança de uso dos solos da microrregião do Vale do Rio dos Bois em Goiás, visando entender e caracterizar a expansão da monocultura da cana-de-açúcar e a dinâmica do uso ocupação do solo e suas relações com os remanescentes do Cerrado. A escolha da MRVRB para a realização do estudo se deu principalmente pelo fator histórico de produção da cana-de-açúcar, dos incentivos de programas do governo e sobre tudo da nova e atual expansão da monocultura que ocorre na região Centro-Oeste, com um crescimento expressivo da produção nas microrregiões que compõem a mesorregião Sul de Goiás, caso em que engloba a MRVRB.

Na avaliação têmporo-espacial da MRVRB buscou-se compreender a dinâmica da expansão da cana-de-açúcar e as mudanças na configuração da paisagem nos últimos 28 anos, de 1985 a 2013. Para a análise foi levado em conta os processos de ocupação pelos quais historicamente a microrregião passou e os aspectos físicos favoráveis à cultura. Ainda a análise da estrutura física das áreas ocupadas pela cana-de-açúcar, apontaram as áreas aptas e não aptas à produção da cana-de-açúcar em seus aspectos físicos, assim como os possíveis impactos. A análise deixou claro que a cana avança sobre áreas aptas ao seu cultivo e que antes cultivadas com grãos, sobretudo soja, corroborando interpretações feitas por outros autores para o estado de Goiás.

A análise foi bastante favorecida pelas bibliografias relativas à temática, assim como o suporte geotecnológico (SIG) que permitiu o tratamento de dados, cruzamento de informações e análise estatística, possibilitando o estudo aprofundado da expansão da cana-de-açúcar e a dinâmica de uso ocupação do solo e remanescentes do Cerrado.

Ao se detectar que poderia estar havendo impactos da expansão da cana sobre as APP o estudo para a caracterização da fragmentação da paisagem, na mesma perspectiva têmporo-espacial, tratando das métricas quantitativamente, além da extensão e distribuição dos fragmentos da paisagem da MRVRB, revelou que os impactos nas APP são, sobretudo em APP de canais de drenagem e em decorrência do deslocamento de outras culturas e pastagens para essas áreas, após conversão em cana nas suas áreas iniciais. Logo, trata-se de impactos indiretos da expansão da cana.

No decorrer do trabalho algumas questões foram sendo despertadas como a relativa à microrregião de Quirinópolis ser tratada como a centralidade da produção de cana-de-açúcar do Estado, pois que a MRVRB já possuía produção de cana-de-açúcar desde meados de 1975-

1980, proveniente de incentivos do PROALCOOL, mas que não aparece na atualidade com uma situação compatível. O estudo revelou que restrições edáficas na MRVRB podem explicar a diferença, já que as melhores terras já haviam sido ocupadas com cana durante o Proálcool. Assim, a hipótese levantada da MRVRB não ser a nova centralidade da produção da cana-de-açúcar estaria associada a questões como a logística para o escoamento da produção, já que ela estaria deslocada e mais distante dos eixos de escoamento para o Sul e Sudeste do país, o que não acontecia com Quirinópolis na época.

Para a comprovação dessa hipótese era necessário um aprofundamento no processo histórico de uso ocupação da área, nas políticas públicas correlacionadas, e aspectos físicos para a avaliação das áreas aptas à monocultura da cana-de-açúcar, os eventuais conflitos de uso e o processo de fragmentação da vegetação nativa, assim como os impactos provenientes da monocultura da cana-de-açúcar, como demonstrado nos resultados obtidos.

A aptidão agrícola do ZAE-cana aponta que 65,85% da área da região são aptas ao cultivo de cana-de-açúcar e nota-se que sua presença é cada vez maior na região. Na análise conjunta entre os mapas de uso e de aptidão agrícola para a cana pode-se concluir que a área da MRVRB apresenta ocupação das terras, em sua maioria, em acordo com a aptidão agrícola. Assim os impactos ambientais podem estar relacionados ao manejo do solo, ou seja, o manejo da cana-de-açúcar torna-se um ponto fundamental, visto que pode promover impactos ao solo e nos recursos hídricos.

Na dinâmica têmporo-espacial de um período que somou 28 anos, de 1985 a 2013, de uso do solo e remanescentes do Cerrado com ênfase na expansão da cana-de-açúcar, a cana-de-açúcar cresceu 7,02% em relação à área total da MRVRB. Portanto, não é uma cultura em destaque, mas a partir de 2005 passa a ter um crescimento mais pronunciado ocupando as melhores áreas de produção agrícola da MRVRB, sobre tudo áreas de produção de soja, promovendo um impacto de sobreposição de culturas, em que as áreas de pastagem migram para áreas de remanescentes, sobretudo no Norte da MRVRB.

Constatou-se que a MRVRB está passando por um processo de expansão da cana-de-açúcar. As áreas de expansão, de modo similar às demais áreas de expansão do Estado, ocorrem em áreas de Latossolos, com declives que variam de planos a suaves (até 12%), propícios à motomecanização. A cana-de-açúcar atualmente se expande sem conflito quanto à aptidão agrícola, no entanto, promove a substituição de culturas, sobretudo produtoras de grãos, em particular soja, o que pode ocasionar disputas por terras. Tal fato se opõe ao sugerido no PNA, de que as áreas prioritárias de expansão para a cana-de-açúcar deveriam ser as pastagens degradadas.

A agropecuária foi e ainda é a principal atividade da MRVRB. Em 1985 a microrregião já possuía vegetação nativa fragmentada (remanescentes) e o uso agropecuário das terras já correspondia em grande parte do seu território. As usinas implantadas no Proálcool atuaram pontualmente, diferindo da dinâmica atual, haja vista o próprio crescimento das áreas cultivadas na região e inserção de novas usinas.

Para testar a ideia de que a cana estaria promovendo impactos nas APP avaliou-se as classes de remanescentes do Cerrado em 1985 representavam 36,99% da área total da MRVRB, apontando a consolidação do uso solo, ou seja, da antropização, mas também a fragmentação da vegetação nativa. O uso do solo continuou crescendo, de 1985 (11,46%) para 2013 (11,84%), com perda de remanescentes do Cerrado no período, restando apenas 25,65% das áreas originais, ainda hoje com remanescentes, observando-se uma alta taxa de fragmentação. Um dos principais impactos foi o de perda de remanescentes do Cerrado, bioma que já é considerado fragmentado e *hotspot* da biodiversidade.

Na avaliação da fragmentação da área da MRVRB, a classe de cana-de-açúcar apresenta-se em áreas de 500 à <100ha, nos fragmentos mapeados, confirmando o modelo de produção que necessita de extensas e contínuas áreas e proximidade da usina, para o bom aproveitamento do produto, promovendo um notável espaçamento entre os fragmentos de remanescentes do Cerrado. Entretanto, quanto à cobertura, o impacto de fragmentação afetou sobretudo as áreas de formação Campestre, que possui um grande número de fragmentos de áreas de até 1ha, com o crescimento da distância euclidiana média do vizinho mais próximo. A formação Savânica, por sua vez, foi a única classe de remanescentes que se encontra com fragmentos maiores em área e maior concentração dos fragmentos, localizados sobretudo na porção Norte da MRVRB, área que possui relevo movimentado e ocorrência de Cambissolos e Neossolos Litólicos. Os fragmentos de uso do solo que ocorrem próximo a essas áreas são fragmentos de pastagem, pois o relevo movimentado se torna um obstáculo para a agricultura motomecanizada, restando a pastagem como opção.

Na porção Sul da MRVRB, setor mais antropizado e onde a cana se expande, os remanescentes do Cerrado encontram-se restritos a áreas de preservação permanentes, sobretudo dos canais de drenagem. Estas são áreas em que predominam os relevos plano a suave ondulados, com ocorrência de Latossolos, onde predomina agricultura voltada à produção de grãos compartilhada com a cana-de-açúcar. Ao analisar as métricas foi possível concluir que o impacto de fragmentação continua a ocorrer, mesmo que em escala menor, agora afetando áreas consideradas de preservação permanente.

Os dados de uso do solo em APPs já apontam uma área de 22,02% com uso em 2013, uso indevido segundo o Código Florestal antigo e o atual, visto que são áreas fundamentais para a manutenção dos recursos hídricos e ecossistemas relacionados. Portanto, a cana-de-açúcar está

invadindo áreas de APPs, ainda que em pequena porcentagem, sendo que a pastagem ainda é a principal classe de uso encontrada em APPs.

Conclui-se que ocorre uma nova mudança da paisagem, cujos impactos podem ocorrer sobretudo relativos à substituição de culturas como vem ocorrendo, ainda há perda maior de remanescentes, além de impacto relacionados à captação de águas para irrigação.

No decorrer da pesquisa foram surgindo novos questionamentos, apontando na direção de que o assunto não se esgotou, assim é necessário buscar novos dados para responder tais questionamentos. Uma questão decorrente refere-se à estrutura fundiária (módulos fiscais exigidos pelo código florestal) para a análise das APPs da área. Outra gira em torno da grande quantidade de lagos que ocorrem na porção Sul da MRVRB, circundados por áreas de uso, sobretudo pastagens, e que parecem estar diminuindo a área de espelho d'água e, por fim, a ausência das reservas legais nas áreas da cana-de-açúcar.

REFERENCIAS

ARAÚJO, V. V.; BARBOSA, de M. Plantio. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. CALDAS, C. Cana-de-açúcar, Bioenergia, Açúcar e Álcool- Tecnologias e Perspectivas. ed.Viçosa, MG.2010.

ARRAIS, Tadeu Alencar. Geografia contemporânea de Goiás. Goiânia, Goiás Editora Vieira, 2004.

BARBOSA, A. S.; TEIXEIRA, A. N.; GOMES, H. Geografia: Goiás – Tocantins. 2. ed. Goiânia: Editora da UFG, 2005.

BORGES, V. M. S.; CASTRO, S. S. Dinâmica da Expansão da Cultura da Cana-de-açúcar na Microrregião de Quirinópolis, GO: Subsídios Para Avaliação Da Competitividade Com Culturas De Grãos E Pastos. In VII Seminário de Pós-Graduação da UFG, Goiânia, 2010.

BRASIL. Decreto-lei nº. 4771, de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, 16 set. 1965. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L4771.htm. Acesso em: 20 mai. 2013.

BRASIL. Resolução CONAMA 001/1986. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br>>. Acesso em: 04/06/2013.

BRAY, S.C. A cultura da cana-de-açúcar no vale do Paranapanema: um estudo de geografia agrária. 1980 304 p. Tese (Doutorado). Universidade de São Paulo. 1980.

BRUM, Argemiro Jacob. Modernização da agricultura – trigo e soja. Petrópolis: Ed. Vozes, 1988.

CABACINHA, C. D.; CASTRO, S. S.; GONÇALVES, D. A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Araguaia na savana brasileira. FLORESTA, Curitiba, PR, v. 40, n. 4, p. 675-690, out./dez. 2010.

CABACINHA, C.D.; CASTRO, S.S.; GONÇALVES, D.A. Análise da estrutura da paisagem da alta bacia do Araguaia na savana brasileira. *Floresta*, Curitiba, PR, 40(4): 675-690, 2010.

CARRIJO, E. L. de O. A expansão da fronteira agrícola no estado de Goiás: setor sucroalcooleiro. 2008, Dissertação (Mestrado em Agronegócio) – Universidade Federal de Goiás. Escola de Agronomia e Engenharia de Alimentos, 2008.

CASTRO, C.A.M.R. A problemática da agroindústria açucareira no Estado do Rio de Janeiro. Campos dos Goytacazes. Faculdade Candido Mendes – Campos. 1995. 64p.

CASTRO, S. S. de; BORGES, R. de O.; SILVA, R. A. A. da; BARBALHO, M. G. da S. Estudo da expansão da cana-de-açúcar no estado de Goiás: subsídios para uma avaliação do potencial de impactos ambientais. In SBPC, II Fórum de CeT no Cerrado. Goiânia: SBPC, 2007.

CASTRO, S.S. de; ABDALA, K; SILVA, A. A; BORGES, V. A expansão da cana-de-açúcar no cerrado e no estado de Goiás: Elementos para uma análise espacial do processo. *Boletim Goiano de Geografia* 2010.

CASTRO, S.S. & SALOMÃO, F.X.T. Compartimentação morfopedológica e sua aplicação: considerações metodológicas. São Paulo: Departamento de Geografia, faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, USP. *Humanitas* n.7, p.27-37, 2000.

CERQUEIRA, R., BRANT, A., NASCIMENTO, M. T. & PARDINI, R. Fragmentação: alguns conceitos. 2005 *In*: RAMBALDINI, D. M. & OLIVEIRA, D. A. S. Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas. Brasília. 2005: 2ª ed. MMA/SBF.

CONAB/MAPA – Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Brasília, 2009.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/> > acesso em 15 jun. 2012.

DIOLA, V. SANTOS, F. Fisiologia. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. CALDAS, C. Cana-de-açúcar, Bioenergia, Açúcar e Álcool- Tecnologias e Perspectivas. ed. Viçosa, MG.2010.

DIOLA,V. SANTOS, V. V.; BARBOSA, de M. Plantio. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. CALDAS, C. Cana-de-açúcar, Bioenergia, Açúcar e Álcool- Tecnologias e Perspectivas. ed. Viçosa, MG.2010.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMBRAPA Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. Zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar / organização Celso Vainer Manzatto... [et al.]. — Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2009. 55 p.: il. - (Documentos / Embrapa Solos, ISSN 1517-2627; 110).

EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2006.

ESTEVAM, L. O tempo da transformação: estrutura e dinâmica da formação econômica de Goiás. Goiânia: Edição do autor, 1998.

GOMES, H. e TEIXEIRA NETO, A. Geografia de Goiás/Tocantins. Centro Editorial e Gráfico. Goiânia, UFG,1993.

FERRAZ, R. P. D. Sistema de Indicadores para a Avaliação do Potencial de Sustentabilidade Hídrica e Monitoramento da Cultura da Cana-de-açúcar, Contribuição metodológica para o planejamento da expansão da atividade canavieira. Tese (Doutorado em Meio Ambiente) – Programa de Pós-graduação em Meio Ambiente, Universidade Estadual do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

HERMUCHE, P.M., GUIMARÃES, G.M.A E CASTRO, S. S. (2009) Análise dos compartimentos morfopedológicos como subsídio ao planejamento do uso do solo em Jataí – Goiás. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 26, pp. 113 - 131, 2009

INPE – Instituto Espacial de Pesquisas Espaciais. Disponível em <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/> > acesso em 10 jan. 2013.

INPE/CANASAT – Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/mapdsr/>>. Acesso: 2 de setembro de 2011.

JESUS, L C F de. A ocupação dos cerrados: o polocentro e seus impactos em Minas Gerais. 1988. 81 f (TCC de graduação em Economia) Instituto de Economia da UNICAMP, Campinas. São Paulo, 2003. Disponível em: <<http://www.bibliotecadigital.unicamp.br/document/search.php>> Acesso em: 10 de maio. 2013.

LATRUBESSE, E. M; CARVALHO, T. M; Geomorfologia do Estado de Goiás e Distrito- Secretaria de Indústria e Comércio. Superintendência de Geologia e Mineração. Goiás, 2006.

MACEDO, I.de C. (org). Doze estudos sobre a agroindústria de cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade. São Paulo: Berlendis e Vertecchia: ÚNICA – União da Agroindústria Canavieira do estado de São Paulo, 2005.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Balanço nacional de cana-de-açúcar e agroenergia. Secretaria de Produção e Agroenergia. MAPA/SPAEE, 2007 e 2010.

MARGARIDOS, F. B.; SANTO, F. Planejamento Agrícola. In: SANTOS, F.; BORÉM, A. CALDAS, C. Cana-de-açúcar, Bioenergia, Açúcar e Álcool- Tecnologias e Perspectivas. ed.Viçosa, MG.2010.

MCGARIGAL, K.; MARKS, B. FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Quantifying Landscape Structure. [S.l.]: US Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Research Station, 1995.

MESQUITA JUNIOR, H.N. Análise temporal com sensor orbital de unidades fisionômicas de cerrado na gleba Grande Pé de Gigante (Parque Estadual de Vassunga- SP). 1998 Dissertação (Mestrado em Ecologia dos Ecossistemas terrestres e aquáticos) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo. São Paulo. 1998.

MIZIARA, Fausto. Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no cerrado: o caso de Goiás. In: Guimarães, L. D. A, SILVA, M. A. D, ANACLETO, T. C. (org.). Natureza Viva Cerrado: caracterização e conservação. Cap.VII.,1.ed. Goiânia: Editora UCG, 2006.

MIZIARA, F.; FERREIRA, N C. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás – subsídios à política ambiental. In: GUIMARÃES, L. F. (Org.) *A encruzilhada socioambiental: biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado*. Goiânia: Editora da UFG, 2008.

RAMALHO FILHO, A.; BEEK, K. J. Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras. 3ª ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1995.65p.

SEPLAN – Secretaria o Planejamento e Desenvolvimento Regional. Cenário Sócio-Econômico do Estado de Goiás: mesorregião Sul Goiano. Goiânia, 1995.

SCHNEIDER, P.; GIASSEN, E.; KLAMT, E. Classificação Agrícola das terras: um sistema alternativo. Guaíba: Agrolivros, 2007. 72 p.: il.

SILVA, W. F. da; AGUIAR, D. A. de; RUDORFF. B. F. T; SUGAWARA, L. M; AULICINO, T. L. I. N. Análise da expansão da área cultivada com cana-de-açúcar na região Centro-Sul do Brasil: safras 2005/2006 a 2008/2009. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - São José dos Campos São Paulo. 2009. 467p.

SILVA, A. A.; MIZIARA, F. Avanço do setor sucroalcooleiro e expansão da fronteira agrícola em Goiás. In: Pesquisa agropecuária tropical. Goiânia: 2011.

SZMRECSÁNYI, T. Pequena história da agricultura no Brasil. São Paulo: Contexto, 1990.

TRICART, J. Ecodinâmica. Rio de Janeiro, RJ, IBGE – SUPREN, 1977.

VITTE, A. C.; MELLO, J. P. de. Considerações sobre a Erodibilidade dos Solos e a Erosividade das Chuvas e suas Consequências na Morfogênese das Vertentes: Um Balanço Bibliográfico. Rio Claro. Vol.2.n.2.2007,p. 132.

WAACK, R.S. e NEVES, M.F. Competitividade do sistema agroindustrial da cana-de-açúcar. In: Competitividade no agribusiness brasileiro. São Paulo, coordenação: Fariana, E.M.M.Q. e Zilbersztajn. IPEA, PENSA, USP. V.5, 1998. 194 p.

WWF (World Wide Fund for Nature). 1994. WWF, Brasília. Disponível em <http://www.wwf.org/projetos/projeto.asp?lista=biomaeitem=10eitem=17> (acessado em agosto de 2011).

WWF (2008), Relatório Planeta Vivo 2008, versão portuguesa coordenada por CESTRAS (Centro de Estudos e Estratégias para a Sustentabilidade).

ANEXO I

Localização geográfica do uso do solo e remanescentes do Cerrado validados em campo com GPS Garmin.

Pontos Validados	X	Y	DESCRIÇÃO
1	636943	8146573	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
2	634716	8144762	Eucaliptos - Silvicultura (Classe de Uso Antrópico)
3	632421	8144254	Formação Florestal
4	627549	8140868	Formação Florestal (Cerradão)
5	626812	8140337	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
6	623429	8138990	Formação Savânica
7	612090	8139782	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
8	599018	8132110	Formação Savânica (Cerrado Denso)
9	596439	8132453	Formação Savânica (Cerrado Denso)
10	589003	8132500	Formação Campestre (Campo Úmido)
11	585458	8130442	APP-Formação Savânica (Vereda)
12	581584	8128423	Formação Florestal
13	580820	8127930	Formação Savânica
14	552103	8122670	Formação Savânica
15	545147	8121472	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
16	543661	8122784	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
17	542886	8123072	Formação Florestal
18	540127	8122998	Formação Savânica
19	552184	8111026	Agricultura (Classe de Uso Antrópico)
20	549850	8108194	Agricultura (Classe de Uso Antrópico)
21	537519	8106168	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
22	530854	8105864	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
23	520642	8103285	Agricultura (Classe de Uso Antrópico)
24	544009	8100098	Agricultura (Classe de Uso Antrópico)
25	543485	8098518	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
26	542658	8097626	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
27	541730	8096626	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
28	540212	8095018	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
29	538542	8093340	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
30	533995	8084483	Formação Florestal - Rio Verdão
31	560330	8122722	Agricultura
32	557974	8120086	Agricultura
33	557843	8116598	Agricultura
34	566006	8086471	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
35	562252	8081873	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
36	562052	8082263	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
37	561478	8083131	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
38	561120	8084290	Pastagem (Classe de Uso Antrópico) Agropecuária Nova Gália

39	555414	8082887	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
40	554112	8084129	Usina Nova Gália
41	549440	8087177	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
42	550674	8084551	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
43	550628	8082560	Agricultura - soja rotação em área de cana (Classe de Uso Antrópico)
44	550271	8081835	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
45	562183	8070866	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
46	565624	8064739	Formação Florestal
47	565635	8063567	Lago
48	565635	8063264	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
49	565654	8061411	Formação Savânica
50	563735	8056951	Formação Savânica
51	563605	8056683	Lagoa
52	563204	8055856	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
53	563636	8054264	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
54	566685	8043548	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
55	567871	8031906	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
56	568734	8026473	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
57	569663	8020884	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
58	572163	8013590	Usina Vale do Verdão
59	593747	8044991	Usina Tropical Bioenergia
60	595070	8052548	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
61	598548	8056901	Formação Florestal - lago ao redor pastagem no restante da área cana
62	602138	8065681	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
63	606058	8074727	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
64	606876	8076460	Agricultura - soja (Classe de Uso Antrópico)
65	611264	8084521	Edeia
66	618220	8080382	Esquerda Cana direita soja
67	621652	8077817	Formação Savânica
68	623128	8077282	Formação Savânica
69	626544	8077131	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
70	633970	8074461	Formação Savânica
71	638463	8073725	Agricultura - Soja (Classe de Uso Antrópico)
72	644239	8072615	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
73	628493	8076814	Formação Florestal
74	609927	8092908	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
75	610329	8093877	Silvicultura (Classe de Uso Antrópico)
76	608926	8099530	Formação Campestre
77	592290	8097240	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
78	591108	8097106	Cana-de-açúcar (Classe de Uso Antrópico)
79	590299	8089797	Usina Denusa - Destilaria Nova União
80	603374	8107713	Agricultura - Soja (Classe de Uso Antrópico)
81	596447	8112476	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)

82	591354	8118827	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
83	592168	8117549	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
84	589295	8117696	Formação Savânica
85	591179	8119482	Agricultura - Milho/Soja (Classe de Uso Antrópico)
86	590477	8122234	Pastagem - (Classe de Uso Antrópico)
87	589554	8130216	Formação Florestal
88	588692	8126606	Formação Savânica
89	590517	8112401	Formação Savânica
90	614264	8108382	Formação Campestre - Campo Úmido
91	626131	8112637	Pastagem (Classe de Uso Antrópico)
92	629507	8114988	Formação Florestal
93	630178	8117509	Formação Florestal
94	630620	8119219	Silvicultura (Classe de Uso Antrópico)
95	634790	8123241	Silvicultura (Classe de Uso Antrópico)
96	639510	8125176	Formação Florestal (Cerradão)
97	646155	8114939	Pastagem
98	643366	8116527	Formação Florestal

Fonte: Rodrigues (2014).