



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS  
AMBIENTAIS**



**POLLYANA DE MACÊDO VILLELA**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA MODERNIZAÇÃO  
AGROPECUÁRIA EM GOIÁS**

**NOVEMBRO  
2016**

**POLLYANA DE MACÊDO VILLELA**

**IMPACTOS AMBIENTAIS DA MODERNIZAÇÃO  
AGROPECUÁRIA EM GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Federal de Goiás, para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

**Orientador:** Prof. Dr. Fausto Miziara.

**NOVEMBRO  
2016**

## AGRADECIMENTOS

Ao final de mais uma etapa concluída, sabemos que a batalha não foi em vão. Nesse processo de crescimento e amadurecimento, não podemos deixar de agradecer àqueles que sempre nos deram força, ânimo e motivos para continuar, quando desistir era a opção mais fácil.

Agradecemos primeiramente a Deus, a Jesus e à Espiritualidade amiga, pela inspiração, fé e força.

Ao nosso orientador Prof. Dr. Fausto Miziara, que sempre presente, se dispôs a nos ajudar nas dificuldades e pelas significativas contribuições.

Aos amigos Rômulo, Matheus, Guilherme e José pelo apoio incansável, pela sabedoria e pelas inspirações, mesmo que muitas vezes silenciosas.

Ao Prof. Dr. Leandro pelas correções e considerações significativas feitas na qualificação, que contribuíram sobremaneira para a melhoria do produto final.

Aos colegas do CIAMB, pela oportunidade de crescimento e aprendizado e em especial à amiga Elis Regina, muito solícita e dedicada, que sempre nos acompanhou e ajudou nas mais diversas disciplinas e trabalhos.

À minha família, por estar sempre presente e disposta a ajudar.

Aos meus pais, Wilma e João Batista, ao meu irmão João Batista Júnior, pelo apoio incansável, pela paciência, pelo exemplo e amor incondicional.

À Leticia, companheira para toda a vida, que contribuiu sobremaneira para a conclusão desse trabalho, nos dando apoio intelectual, moral e emocional. Sua presença foi fundamental.

## RESUMO

O processo de modernização da agropecuária em Goiás intensificou-se a partir da década de 1970 com a forte intervenção do Estado e a adoção de um pacote tecnológico altamente disseminado pelo mundo. Com os créditos rurais altamente subsidiados, incentivos econômicos e investimentos em estrutura e transportes, a região passou a ganhar notoriedade em razão do desenvolvimento agrícola. Ao longo desse processo, perceberam-se diversos impactos ambientais relacionados à perda da biodiversidade, à degradação e à contaminação do solo, dos recursos hídricos e do ar. Também se observaram impactos socioeconômicos, tais como o êxodo rural, a diminuição da oferta de emprego no campo, o aprofundamento das desigualdades sociais, o crescimento descontrolado das cidades, o desenvolvimento da economia e dos municípios, dentre outros. Nesse contexto, o presente trabalho procura entender quais são os impactos ambientais e socioeconômicos mais significativamente relacionados com a expansão da Fronteira Agrícola em Goiás. Para tanto, em um primeiro momento, foram selecionadas doze variáveis, assim como criados dois índices que refletem os impactos ambientais, por meio da Análise Fatorial. O primeiro índice foi denominado Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo. O segundo, por sua vez, foi definido como Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo. Os municípios com maiores *scores* fatoriais para ambos os índices foram: Nova Crixás, São Miguel do Araguaia, Caiapônia, Mineiros, Jataí e Rio Verde. A partir desses dados, realizaram-se as análises de correlação linear simples. Assim, constatou-se a inexistência de correlação entre o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo e o Índice de Modernização, ou seja, não se identificou nenhuma correlação linear entre esses dois índices. Verificou-se, portanto, que o impacto ambiental ocorre independentemente do fato de a região ser bem modernizada ou não. Ao correlacionar o mesmo índice de impacto ambiental com o Índice de Desempenho dos municípios, que refletem a dimensão socioeconômica, percebeu-se que existia uma correlação, porém baixa ( $r = 0,293$ ). Assim, regiões com bom desempenho municipal impactavam mais o meio ambiente. Por fim, ao correlacionar o Índice de Modernização com o Índice de Desempenho, constatou-se também uma baixa correlação ( $r = 0,262$ ). Dessa forma, os municípios que mais receberam investimentos tecnológicos, desenvolveram sua economia agrícola e se destacaram economicamente foram os que apresentaram maiores impactos socioeconômicos. Nessa perspectiva, percebe-se um *trade off* em que, por um lado, a Modernização agrícola que gera crescimento econômico, renda, melhorias estruturais e desenvolvimento não impede, por outro, a geração de impactos ambientais significativos para o cerrado.

**Palavras-chave:** impactos ambientais, modernização agrícola, fronteira agrícola, correlações.

## ABSTRACT

The process of modernisation in Goiás has intensified since the 1970 with the State's strong intervention and the adoption of a highly technological package spread around the world. With the highly subsidized rural credits, economic incentives and investments in infrastructure and transport, the region began to gain notoriety due to agricultural development. Thus, in the course of agricultural modernization process, realized several environmental impacts related to loss of biodiversity, degradation and contamination of soil, water and air resources. Also socioeconomic impacts were observed, such as the rural exodus, the decrease of the job offer in the country, deepening social inequalities, the uncontrolled growth of cities, the development of the economy and of the municipalities, among others. In this context, the present study seeks to understand what are the environmental and socioeconomic impacts more significantly related to the expansion of the agricultural frontier in Goiás and at what level these impacts can be correlated. Therefore, at first, were selected twelve variables, as well as created two indexes that reflect the environmental impacts by using the factor analysis. The first index was called the Index of Livestock and Soil Degradation Impact. The second, in turn, was set to Index of Agriculture and Land Use Impact. The cities with the highest factorials *scores* for both indexes were: Nova Crixás, São Miguel do Araguaia, Caiapônia, Mineiros, Jataí and Rio Verde. From these data, it was possible to calculate the simple linear correlation analysis. So, the lack of correlation between the Index of Livestock and Soil Degradation Impact and Modernisation Index, i.e. not identified any linear correlation between these two indices. It appeared, therefore, that the environmental impact occurs regardless of whether the region is well upgraded or not. By correlating the same environmental impact index with the Index of Performance of Municipalities, which reflect the socio-economic dimension, it was noticed that there was a correlation, but with low intensity ( $r = 0.293$ ). Thus, regions with good municipal performance impacted more the environment. Finally, by correlating the Modernization Index with the Index of Performance, also found a low correlation ( $r = 0.262$ ). In this way, the counties that received more investments in technology, they developed their agricultural economy and stood out economically were those who showed greater socioeconomic impacts. In this perspective, it can be verified a trade off relationship, on the one hand, the agricultural Modernization that generates economic growth, income, structural improvements and development does not prevent the generation of possibly irreversible environmental impacts, for the Cerrado biome.

**Keywords:** environmental impacts, agricultural modernization, agricultural frontier, correlations.

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS .....	07
ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS.....	08
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS .....	09
INTRODUÇÃO .....	10
<b>CAPÍTULO I: A MODERNIZAÇÃO DA AGROPECUÁRIA: A FRONTEIRA AGRÍCOLA EM GOIÁS .....</b>	<b>15</b>
1. Modernização da Agropecuária Brasileira .....	15
1.1 Primeira Fase: “Modernização Conservadora” (1965 – 1980) .....	16
1.1.2 O pacote tecnológico – “Revolução Verde”.....	17
1.1.3 A constituição dos Complexos Agroindustriais – CAI’s.....	19
1.1.4 Importância do Sistema Nacional de Crédito Rural .....	20
1.2 Segunda Fase: Período da década de 1980 .....	22
1.3 Terceira Fase: O Início da década de 1990 .....	24
2. Modernização em Goiás: etapas do processo de ocupação de Goiás e a consolidação da Fronteira Agrícola .....	25
2.1 As Frentes de Expansão e Pioneira .....	28
3. Expansão da Fronteira Agrícola em Goiás .....	31
3.1 Uso e ocupação do solo em Goiás .....	34
<b>CAPÍTULO II: O CERRADO GOIANO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS .....</b>	<b>37</b>
1. O Bioma Cerrado .....	37
2. O que são impactos ambientais .....	39
3. Os impactos ambientais da agricultura .....	41
4. Os impactos ambientais da criação de bovinos .....	44
5. Os impactos socioeconômicos .....	49
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
1. Procedimentos Metodológicos .....	53
2. Os indicadores ambientais .....	54
3. Escolha das variáveis indicadoras de impactos ambientais .....	54
3.1 Desmatamento .....	55
3.2 Queimada .....	59
3.3 Uso do solo .....	61
4. O Índice de Desempenho dos Municípios (IDM) e o Índice de Modernização Agrícola .....	63
5. As Análises estatísticas .....	64
5.1 Análise Fatorial .....	65
5.2 Análise de correlação linear .....	69
6. Resultado e discussão .....	70
6.1 Confrontação dos Índices: Modernização, Impacto Da Pecuária e Degradação do Solo e Desempenho Municipal .....	82
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>89</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>92</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 01</b> - Substituição da pastagem natural pela pastagem plantada em Goiás – 1970 a 2006 .....	48
<b>Figura 02</b> - Distribuição espacial de áreas com cobertura vegetal natural e antrópica no Estado de Goiás .....	56
<b>Figura 03</b> - Ocorrências erosivas na Alta Bacia do Araguaia, Goiás – GO.....	58
<b>Figura 04</b> – Espacialização dos <i>scores</i> fatoriais do Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo dos Municípios de Goiás, 2006.....	77
<b>Figura 05</b> – Espacialização dos <i>scores</i> fatoriais do Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo dos Municípios de Goiás, 2006.....	81
<b>Figura 06</b> – Mapa dos Índices de Impacto da Pecuária e Uso do solo e de Modernização para Goiás – ano 2006 .....	83
<b>Figura 07</b> – Mapa do Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo e do Índice de Desempenho dos Municípios de Goiás.....	85
<b>Figura 08</b> – Mapa do Índice de Desempenho dos Municípios e do Índice de Modernização de Goiás.....	87

## ÍNDICE DE TABELAS E QUADROS

<b>Tabela 01</b> - Estado de Goiás e Brasil: Índice de Desenvolvimento Humano (M), 1991, 2000 e 2010.....	50
<b>Quadro 01</b> – Relação das variáveis escolhidas para a análise, ano e base de dados.....	70
<b>Tabela 02</b> - Matriz de Correlação para as 11 variáveis ambientais iniciais.....	71
<b>Tabela 03</b> - Matriz de Correlação para 10 variáveis.....	72
<b>Tabela 04</b> – Teste KMO e Teste de Esfericidade de Bartlett.....	72
<b>Tabela 05</b> – Valores de Eigenvalues (raiz latente) e da variância acumulada para os componentes extraídos.....	73
<b>Tabela 06</b> – Valores de comunalidades existentes entre as variáveis.....	74
<b>Tabela 07</b> - Matriz de componentes rotacionada, valores das comunalidades e variância explicada por cada variável.....	75
<b>Tabela 08</b> – Municípios de Goiás com os dez maiores índices de impacto da pecuária.....	76
<b>Tabela 09</b> – Municípios de Goiás com os dez maiores índices de impacto da agricultura e uso do solo.....	80

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AF - Análise Fatorial  
CAIs - Complexos Agroindustriais  
CANC - Colônia Agrícola Nacional de Ceres  
CANG - Colônia Agrícola Nacional de Goiás  
CBERS - China-Brazil Earth-Resources Satellite  
EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias  
EMBRATER - Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural  
GEE - Gases de Efeito Estufa  
IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH - Índice de Desenvolvimento Humano  
IDM – Índice de Desempenho Municipal  
IMB - Instituto Mauro Borges  
IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada  
JICA - Japan International Cooperation Agency  
KMO - Kaiser-Meyer-Olkin  
LAPIg - Laboratório de processamento de Imagens da Universidade Federal de Goiás  
LANDSAT. ETM - Land Remote Sensing Satellite. Enhanced Thematic Mapper  
MMA - Ministério do Meio Ambiente  
MODIS - Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer  
OECD - Organisation for Economic Co-operation and Development  
ORTNs - Obrigações Reajustáveis do Tesouro Nacional  
PIB - Produto Interno Bruto  
PGPM - Política de Garantia de Preços Mínimos  
PND - Plano Nacional de Desenvolvimento  
POLOCENTRO - Programa de Desenvolvimento do Cerrado  
PROAGO - O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária  
PRODECER - Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados  
SEPLAN - Secretaria do Estado e de Planejamento das Finanças  
SEGPLAN - Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento  
SNCR - Sistema Nacional de Crédito Rural

## INTRODUÇÃO

O processo de expansão da fronteira agrícola, que ganha notoriedade a partir da década de 1970, está diretamente relacionado à modernização da agropecuária e tem como características principais a mudança na forma de utilizar a terra e o desenvolvimento de novas tecnologias. É neste contexto que se insere a presente pesquisa, que terá como foco principal a relação entre a modernização agropecuária e seus impactos ambientais. Com a ação e influência direta do governo, programas e projetos políticos, de créditos subsidiados, investimentos em tecnologia e pesquisas, a política de expansão destas fronteiras contribuiu com o crescimento e visibilidade econômica do estado.

Com o advento da “Revolução Verde”, pacote tecnológico que prometia o aumento da produção agrícola, principalmente em áreas que antes eram desvalorizadas, foi possível acelerar a ocupação e desenvolvimento da região central. Em decorrência disso, se fez necessário intensificar o processo de retirada da vegetação natural de forma predatória, gerando impactos à toda diversidade ambiental.

A modernização conservadora, pois não mudou a estrutura agrária deficitária no país e excluiu os pequenos agricultores, incorporou as bases tecnológicas contidas na “Revolução Verde”. Articulou a agropecuária e a indústria, permitindo a consolidação de Complexos Agroindustriais e a forte dependência da agricultura ao capital.

Na medida em que a fronteira avançou, novas terras foram incorporadas, as atividades agrícolas se intensificaram, e novos caminhos foram abertos pelas estradas de ferro. A consolidação de colônias agrícolas, centros urbanizados e, por fim, da capital do país, Brasília, foram marcos no movimento de ocupação da região de Goiás. O vazio demográfico foi preenchido pelas migrações vindas do sul, por novos ideais e pela busca de maior produtividade e capital.

O sucesso da incorporação das terras do cerrado para a agropecuária resultou da combinação dos fatores naturais, como as características do bioma cerrado, a facilidade de supressão da mata nativa e facilidade de acesso, com a visão estratégica e o interesse econômico. Em um primeiro momento, a baixa fertilidade do solo e o relevo condicionaram a consolidação das atividades agrícolas em determinadas regiões. Com o advento das inovações tecnológicas, a mudança do nível de investimentos e as opções individuais, novas áreas passam a se tornar interessante para essas atividades.

O desenvolvimento do Centro-Oeste aconteceu de forma rápida e expressiva, integrando assim essa região à economia nacional e internacional. Em pouco tempo passou de uma área vazia, distante e inexpressiva para “principal geradora de produtos agropecuários exportáveis, importantes para a geração de divisas para a economia nacional, como são os casos, principalmente, da soja e da carne bovina” (TEIXEIRA e HESPANHOL, 2006, p.64).

Praticamente todo o estado de Goiás está inserido no Bioma Cerrado, que possui características naturais importantes como uma rica biodiversidade, disponibilidade de recursos hídricos e de solo, que, devido a todo esse processo de ocupação, sofreram e sofrem alterações significativas até os dias atuais, de forma que “a exploração de seus recursos naturais, pouco sustentáveis para os dias atuais, pode ser medida pelo intenso uso do solo para a agricultura e pecuária” (FERREIRA, et al. 2009, p.38). Tal exploração pode ser contabilizada pela perda expressiva de vegetação nativa do cerrado, que até 2008 representava 54% (SANO et al.,2008).

Nessa perspectiva, analisar-se-á o conceito e importância dos impactos ambientais, que em sua essência são alterações percebidas no meio ambiente, que comprometem o equilíbrio dos sistemas naturais e que, podem decorrer tanto da ação humana quanto de fenômenos naturais. Os impactos ambientais abordados neste estudo são aqueles causados pelo homem, cujas alterações no meio comprometam o equilíbrio do sistema natural, social e econômico.

Os impactos ambientais no cerrado surgiram assim, com a ocupação de novas áreas, cujas principais atividades eram a agricultura e pecuária, apoiando-se principalmente na produção de excedente e *commodities*, como o caso da lavoura de soja. Para atender as exigências do mercado, foi necessária uma maciça utilização de mecanização, fertilizantes, corretivos do solo e de outros insumos químicos. Todas essas práticas, aliadas à falta de preocupação com as consequências negativas para o meio ambiente, causaram degradações, que em muitos casos são irreversíveis.

Os principais impactos ambientais relacionados às atividades agrícolas são: I) desmatamentos e queimadas; II) compactação, impermeabilização e empobrecimento dos solos; III) aparecimento de processos erosivos, arenizações e desertificação; IV) poluição e contaminação do solo e água por agrotóxicos e excrementos; V) emissão de gases de efeito estufa; VI) perda da biodiversidade etc (MUELLER, 1992; MCLAUGHLIN E MINEAU, 1995; FAO, 2006).

Para além dos impactos naturais causados pela expansão da fronteira agrícola, as alterações sociais também são enfáticas ao longo do tempo, como às crescentes migrações campo-cidade; mudanças nas relações de trabalho, diminuição da oferta de emprego no campo; crescimento descontrolado das cidades, gerando problemas estruturais; marginalização do pequeno produtor; desigualdades sociais entre outros (HOFFMANN e KAGEYAMA, 1985; BALSAN, 2006).

Nesse sentido, as mudanças nas relações sociais de produção e nas relações sociais de trabalho foram afetadas, alterando assim as paisagens regionais. Os pequenos produtores que não foram contemplados com os créditos subsidiados são levados a uma mudança de estrutura de vida, empurrados para as crescentes cidades e perderem seu espaço na divisão de trabalho.

Dessa forma são criados consórcios entre as atividades urbanas e o trabalho rural temporário, de forma que tem-se um grande contingente de trabalhadores temporários (boia-fria) para atuarem nas lavouras modernas, intensificando assim a relação cidade-campo. Dessa mudança nas atividades trabalhistas, pode-se constatar que:

As mutações do trabalho assumiram formas muito diferenciadas na agropecuária goiana. A requalificação das relações de produção e de trabalho promoveu o aparecimento de formas consorciadas de trabalho nas lavouras, onde tem-se: trabalhadores altamente qualificados ao lado de trabalhadores temporários (boias-frias); trabalho familiar em grandes empreendimentos comerciais combinado com variadas formas de trabalho precário – boias-frias, produtores integrados, trabalho em tempo parcial, etc; pluriatividade em pequenas e médias propriedades rurais voltadas exclusivamente para o mercado; o crescimento das rendas não agrícolas para parcela significativa dos produtores rurais, principalmente aqueles situados nas proximidades dos centros urbanos; o aparecimento de atividades não agrícolas, como ecoturismo, hotéis fazendas, pesque e pague e outras; e a subproletarização e fragilização cada vez maior dos pequenos produtores que ainda tentam sobreviver do trabalho agrícola tradicional (MENDONÇA e THOMAZ JR., 2004 p.114).

Em contrapartida, como impactos na dimensão econômica, percebe-se que em Goiás foi significativo crescimento econômico da agricultura moderna, se tornando um dos maiores produtores de grãos do país. Com o incentivo do governo e com a instalação de complexos agrícolas e industriais, a economia do estado ganha nova configuração, como crescimento econômico dos municípios, ampliação do comércio, da renda, da arrecadação de impostos etc. (HOFFMANN e KAGEYAMA, 1985; MUELLER e MARTINE, 1997).

O potencial econômico de Goiás vem se destacando gradualmente. Segundo a Secretaria do Estado e de Planejamento das Finanças (SEPLAN, 2003), o valor do PIB (Produto Interno Bruto) do Estado tem duplicado a cada cinco anos, com uma taxa média de crescimento chegando a ser superior que a média nacional.

Vale ressaltar que o processo de modernização agrícola permitiu o aumento da produção e da produtividade nos setores afetados, acarretando mudanças na condição de vida da população. Essas mudanças acontecem de acordo com os interesses da classe dominante e sem que haja uma preocupação com os custos sociais do desenvolvimento (MARTINE, 1990).

Diante desse cenário de transformações ambientais, sociais e econômicas, essa pesquisa se justifica por tratar de temas importantes na constituição histórica do estado e do bioma em questão, tais como os processos de ocupação do território e as consequências ambientais, nessas três grandes dimensões. Ademais trará contribuições para o modelo da expansão da Fronteira Agrícola de Miziara (2000), que se baseia no fato de que o processo de ocupação de novas áreas não ocorre somente a partir de variáveis estruturais como a demografia e as questões sociais, mas considera as ações individuais, que geram impactos ambientais significativos. Destarte avançará em conhecimento e disponibilização de novos dados acerca desse processo histórico, enriquecendo ainda mais o referido modelo.

A partir dessas observações e da importância sócio, econômico e ambiental do cerrado goiano, tem-se a necessidade de fazer um estudo quantitativo da relação entre a fronteira agrícola e os impactos ambientais que ocorreram e ocorrem de forma significativa nessa região.

Diante dessa diversidade, construída ao longo de um período histórico marcado por transformações, a pergunta que surge e norteia a presente pesquisa é: Quais os impactos ambientais mais significativamente relacionados com a expansão da Fronteira Agrícola e em que nível esses impactos ambientais e socioeconômicos estariam correlacionados?

Como hipótese pode-se inferir que muitos são os impactos ambientais resultantes e que a ocorrência destes está associada ao processo de modernização da fronteira agrícola, com a exploração agropecuária e a intensificação do uso do recurso solo. Presume-se que os mais visíveis podem estar relacionados à perda da vegetação nativa e ao desenvolvimento econômico. Uma hipótese complementar é que existe uma heterogeneidade na relação entre os impactos ambientais e a capacidade de geração de riquezas. Ou seja, em algumas situações, o “custo” ambiental foi muito mais elevado frente aos retornos para as populações envolvidas.

Para responder à pergunta-problema e conduzir a pesquisa, foram elencados alguns objetivos. O objetivo geral consiste em analisar como se deu o processo de expansão de Fronteira Agrícola (modernização) no Cerrado Goiano e os impactos ambientais percebidos desde então. Na sequência, apresentam-se os objetivos específicos, que são: verificar os

fatores associados à modernização agrícola que contribuem na determinação dos impactos ambientais; levantar, por meio de fontes bibliográficas, os principais impactos ambientais, como subsídio para a criação das variáveis; selecionar indicadores de impacto ambiental que configuram as mudanças na região do cerrado ao longo do processo de expansão agrícola para a criação dos índices de impactos ambientais; correlacionar o índices criados com os indicadores de modernização da fronteira agrícola e indicadores de desempenho municipais.

Para tanto, este trabalho foi organizado em três capítulos. O primeiro capítulo caracteriza o processo de modernização agrícola, iniciando pela descrição das três fases da modernização brasileira, que vai de 1965 a 1990. Nesse momento, são discutidas questões importantes como a “Modernização Conservadora”, a “Revolução Verde” e o Sistema de Crédito Rural. Em seguida, são apresentadas as etapas do processo de ocupação de Goiás, a consolidação da Fronteira Agrícola, e como se configurou o uso do solo no Estado.

O capítulo dois traz o levantamento bibliográfico acerca do Bioma Cerrado, sua relevância ambiental e os conceitos de impactos ambientais. Em seguida, são apresentados os principais impactos ambientais advindos da agricultura e da pecuária. Por fim, são descritos os impactos sociais e econômicos resultantes do processo de modernização agrícola.

O terceiro capítulo abordou a escolha das 11 variáveis ambientais, para a criação do índice, foram elas: Área do estabelecimento, Lavouras Permanentes, Lavouras Temporárias, Pastagem Natural, Pastagem Plantada, Matas Naturais, Pastagem Plantada Degradada, Matas/Florestas Preservadas, Efetivo do rebanho bovino, Desmatamento e Queimada. Em seguida, foram descritos os modelos estatísticos utilizados, a Análise Fatorial e a Análise de Correlação de Pearson. O próximo passo foi rodar a análise fatorial a fim de que se extraíssem as comunalidades entre as variáveis. Essa análise permitiu a criação de dois fatores, o primeiro fator, fortemente relacionado às atividades da pecuária, foi denominado de *Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo*. Enquanto que o segundo fator, foi definido como *Índice de Impacto da Agricultura e Uso Do Solo*.

Em seguida foram calculados os *scores* fatoriais para cada município. Após feitas as normalizações e espacializações em mapas, foram realizadas as análises de correlações a fim de que se observasse que nível de relação poderia existir entre o de Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo, o Índice de Modernização (SANTOS, 2010) e o Índice de Desempenho dos Municípios (SEGPLAN,2013).

Por fim, foram feitas as análises e discussões dos resultados obtidos e as considerações finais foram apresentadas.

## **CAPÍTULO I**

### **A MODERNIZAÇÃO DA AGROPECUÁRIA: A FRONTEIRA AGRÍCOLA EM GOIÁS**

#### **1. Modernização da Agropecuária Brasileira**

No Brasil, os interesses em promover avanços na produção agrícola começam a ser concretizados a partir da década de 1960. O quadro político na época era favorável e permitiu que se desenvolvessem instrumentos para promover a chamada modernização da agricultura.

O cerne da questão é a mudança estrutural nas bases técnicas de produção. Dessa forma, a modernização agrícola envolve uma pesada mecanização, elevando-se o padrão de produção e intensificando-se a utilização de técnicas agrícolas intensivas e sofisticadas, além das mudanças na utilização de elementos químicos tais como os fertilizantes e defensivos (BRUM 1988; KAGEYAMA, 1990).

Por outro lado, Graziano Neto (1982) aponta que, para além da mudança nas bases técnicas da produção, a modernização está intimamente relacionada com mudanças nas organizações sociais de produção. Nesse sentido, as relações de trabalho dos agricultores de subsistência dão lugar às empresas rurais, de sorte que “as determinações do mercado e a racionalidade do lucro são condicionantes fundamentais do processo de produção” (p.26).

Para sistematizar a compreensão de como a moderna agricultura é implementada e desenvolvida no Brasil, muitos autores optam por dividir o processo histórico em três fases, que se inicia em meados da década de 1960 e se desenvolve até a década de 1990 (MARTINE, 1990; GONZALES E COSTA, 1998; DELGADO, 2001). Dessa forma, serão pontuadas as respectivas etapas da modernização e principais características desse momento político e histórico.

## 1.1 Primeira Fase: “Modernização Conservadora” (1965 – 1980)

A primeira fase, denominada modernização conservadora<sup>1</sup>, compreendeu o período de 1965 a 1979. Foi marcada por inúmeros eventos que mudaram as estruturas e o meio técnico de produção agrícola. Dentre eles, Martine (1990) ressalta a consolidação do parque industrial, a implementação de uma “modernização conservadora”, o desenvolvimento da fase do chamado “milagre econômico”, a ampliação de créditos e subsídios à produção, a internacionalização do pacote tecnológico da revolução verde, entre outros.

Nesse período, verifica-se uma forte influência do Estado na economia. Com a tomada do poder pelos militares no golpe de 1964, rompe-se com os debates políticos acerca da questão agrária os quais “[...] diziam respeito às relações de produção e à estrutura fundiária, e suas consequências sociais, econômicas e políticas” (DELGADO, 2001, p.263). Manteve-se, assim o pensamento conservador nas relações de produção, que se resumia em aumentar a demanda urbana e do comércio exterior por produtos, a fim de que essa pudesse absorver a superprodução agrícola.

O modelo adotado para dar prosseguimento às mudanças pretendidas foi o da Revolução Verde, que representava a adoção de um pacote tecnológico desenvolvido para aumentar a produção agrícola, difundir a pesquisa e também as novas tecnologias.

Delgado (2001) denomina esse processo de integração técnica-agricultura-indústria. Dessa forma adota-se um modelo de desenvolvimento tecnológico com transformações nas bases técnicas de produção, e em seguida ocorre a integração da produção de produtos primária aos diversos ramos industriais.

Esse processo de integração se dá pela consolidação dos Complexos Agroindustriais (CAIs), que, nada mais são do que a industrialização da agricultura, construindo “um momento da modernização a partir do qual a indústria passa a comandar a direção, as formas e o ritmo da mudança na base técnica agrícola [...]” (KAGEYAMA, 1990, p. 122).

Nessa perspectiva, a mudança nas bases tecnológicas e nos processos de produção com a industrialização do campo ganha visibilidade e, principalmente, investimentos. A concessão do crédito agrícola subsidiado foi o principal instrumento para todo esse desenvolvimento.

---

<sup>1</sup> “Modernização Conservadora” por não alterar a estrutura agrária no país e tampouco os interesses das Oligarquias regionais (DINIZ, 2006). É uma modernização induzida e amparada pelo Estado, privilegiando apenas algumas culturas, restringindo-se às médias e grandes propriedades (GRAZIANO NETO, 1982).

Por outro lado, a chamada modernização também contribuiu para uma maior divisão de trabalho. Nesta, os grandes proprietários com maior poder de capital tiveram acesso a condições melhores de crédito, desenvolvimento e assistência pertinentes à pesquisa e à utilização das novas técnicas. Isso proporcionou maior produtividade e inserção no mercado externo, ao passo que os pequenos produtores não tiveram o devido acesso aos créditos e subsídios, ficando restritos às pequenas propriedades e às práticas tradicionais com uso de mão de obra familiar e produção de baixos excedentes (MARTINE, 1990).

A opção que restava aos pequenos produtores e camponeses foi a de migrar para os centros urbanos e regiões de fronteiras, a pobreza rural foi assim transferida para os crescentes centros urbanos (HELFAND, 1999).

### 1.1.1 O pacote tecnológico – “Revolução Verde”

A chamada Revolução Verde foi uma ação com o objetivo primordial de aumentar a produção agrícola elevando-a a nível mundial. Seus primórdios podem ser buscados ainda no período da Segunda Guerra Mundial, em 1943, pelo grupo econômico norte americano Rockefeller. Basicamente, teve como grande foco o desenvolvimento no campo da genética vegetal, das adequações do solo em relação às pragas e à produção, além da criação e aprimoramento de diversas técnicas agrícolas (BRUM, 1988).

O discurso dessa nova Revolução estava incorporado a uma perspectiva ocidental, mais precisamente norte americana, sobre as questões da ciência, da economia e do progresso e que deveriam promover de forma eficiente seus modelos de produção aos países de Terceiro Mundo. Assim, essa estratégia permitiria que os países do chamado Primeiro Mundo se beneficiassem com a venda de maquinário e insumos aos países menos desenvolvidos (MARTINE, 1990; BRUM, 1988).

A articulação e a integração desse processo ocorreram em duas fases. A primeira foi experimental, cuja intervenção controlava a produção agrícola. Nesse momento, as grandes corporações patrocinavam os projetos de pesquisa na área agrícola da região e implantavam empresas que subsidiaram essas atividades, desenvolvendo estudos e técnicas próprias para a região. Posteriormente, foi compartilhada a responsabilidade com o poder público. A esse respeito, Brum (1988) esclarece:

A medida que o programa avançava, os governos dos países incorporavam a ideia, assumindo progressiva responsabilidade na sua implantação. Assim os interesses das corporações internacionais vão sendo assumidos como objetivos nacionais pelos países dependentes (BRUM, 1988, p.46).

A fase de expansão da “Revolução Verde” ganha impulso em 1965. Com as mudanças na política econômica e os resultados positivos obtidos com projetos pilotos, principalmente no México e nas Filipinas, os patrocinadores se viram compelidos a espalhar a “Revolução Verde” a todos os continentes. Brum (1988) chama de pacote tecnológico o conjunto de técnicas inovadoras, equipamentos diferenciados e maquinário bem estruturado, de modo que o processo assim desenvolvido constituiu a modernização tecnológica.

Centros internacionais científicos foram instalados nos países, difundindo, assim, as pesquisas agrícolas que se tornariam então o principal indutor da modernização agrícola. Isso, em muitos casos, tornou vários países subordinados aos interesses e controle das corporações internacionais. (BRUM, 1988).

No Brasil, o exemplo dessa articulação foi a criação da Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias (EMBRAPA) e também da Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER).

A EMBRAPA foi criada em 1971 com a função de coordenar as pesquisas científicas “voltadas para o melhoramento da produção, na tentativa de corrigir as deficiências dos solos, prevenir doenças, aumentar o rendimento por hectares, atender as exigências do mercado quanto à variedade produzida, tamanho, sabor etc.” (MATOS e PÊSSOA, 2011, p.14/15).

Embora buscando aprimoramento nas pesquisas e ganhando grande importância na área, as tecnologias desenvolvidas pela EMBRAPA apresentavam grande tendência de atender os interesses dos médios e grandes proprietários, produtores de grandes cultivos, especialmente os de soja (KLINK e MOREIRA, 2002).

É inegável a importância da Revolução Verde no processo de modernização da agricultura, porém sua estruturação para atender aos interesses internacionais, levando diversos países à subordinação e à dependência econômica é, de certa forma, questionável.

Segundo Brum (1988), tal programa tinha aparentes objetivos generosos e humanitários que ocultavam poderosos interesses econômicos e:

[...] serviu de carro-chefe para ampliar no mundo a venda de insumos agrícolas modernos: máquinas, equipamentos, implementos, fertilizantes, defensivos, pesticidas, etc. Sem dúvida, uma forma inteligente de os grupos econômicos internacionais realizarem a expansão de suas empresas e de seus interesses com extraordinária rapidez e eficiência (BRUM, 1998, p.48).

O efeito da Revolução Verde no Brasil foram como um mecanismo de controle social, em que, apesar do aumento na produção de produtos agrícolas para exportação e da área de cultivo, houve também um aumento da concentração fundiária, da expropriação dos pequenos proprietários, do desemprego no campo, além dos inúmeros problemas de ordem econômica e estruturais (MARTINE, 1990).

### 1.1.2 A constituição dos Complexos Agroindustriais – CAI's

Como processo natural do desenvolvimento da modernização, a fase de industrialização da agricultura foi se consolidando de forma a ocupar importante papel na formação de um novo setor. Nas palavras de Kageyama (1990), a “reunificação agricultura – indústria” significou não só a manutenção do consumo de insumos industriais pela agricultura, mas também uma transferência de poder para a Indústria. A respeito das mudanças experimentadas nesse momento, Martine descreve que:

Em consequência, a agricultura atravessou um processo radical de transformação em vista de sua integração à dinâmica industrial de produção e da constituição do complexo agroindustrial. Foi alterada a base técnica, desenvolvida a indústria fornecedora de meios de produção para a agricultura e ampliada, em linhas modernas, a indústria processadora de alimentos e matérias-primas (MARTINE, 1990, p.09).

A industrialização ganha força, a produção agrícola tornou-se apenas uma parte da cadeia produtiva e todo esse processo passou a ser denominado como Complexos Agroindustriais, “que se efetivam a partir da implantação da ‘indústria para a agricultura’ e da estruturação da agroindústria processadora” (KAGEYAMA, 1990, p.122).

Essa nova formatação fez com que a agricultura se tornasse cada vez mais dependente das indústrias produtoras de insumos e processadoras de produtos naturais. Isso mudou seu papel na economia – a qual antes era voltada para o mercado externo – de suprir o setor industrial, rumo às mudanças no processo de substituição de importação (DINIZ, 2006).

O Estado teve papel de regulamentador nesse novo padrão de desenvolvimento. Sua atuação, de acordo com Kageyama (1990), foi de regulação com vistas ao financiamento, patrocínio e administração dos lucros na agricultura, beneficiando, assim, os capitais integrados e garantindo sua valorização.

Dessa forma, a formação dos CAI's "envolveu a internalização da indústria de máquinas, equipamentos e insumos e a expansão do sistema agroindustrial viabilizada principalmente pelas políticas estatais" (TEIXEIRA, 2005, p.33).

Essa função do Estado enquanto regulador financeiro e suas políticas de subsídio para a agricultura serão abordadas de forma mais aprofundada a seguir.

### 1.1.3 Importância do Sistema Nacional de Crédito Rural

A influência do Estado foi decisiva para a criação das condições necessárias às mudanças do modelo capitalista de investimento, de implementos nas bases tecnológicas, fomento de pesquisa e, principalmente, do financiamento pelo subsídio.

Essa intervenção do Estado, de acordo com Kageyama (1990), visava principalmente adequar a agricultura às necessidades do acúmulo de capital por parte do setor urbano-industrial. A política de financiamento foi o seu principal meio de realização.

Seu período inicial foi caracterizado pelo grande facilidade de expansão de créditos e repasse aos produtores que seriam beneficiados. Era notável a presença do Tesouro Nacional como fonte de origem dos recursos e a atuação do Banco do Brasil como um agente intermediário (LEITE, 2013).

Helfand (1999) afirma que o Banco do Brasil era considerado um dos mais influentes relacionados ao sistema de crédito e seu poderio econômico se deu principalmente pela atuação na concessão de créditos durante esse período em que vigorava na política agrícola.

A criação do Sistema Nacional de Crédito Rural (SNCR), em 1965, institucionalizou o crédito para o setor rural, permitindo um suporte e dinamicidade ao processo de modernização. Isso proporcionou o aumento da produção de máquinas e insumos modernos pela indústria vendidos ao setor agrícola. Evidentemente que isso geraria um excedente de produtos agrícolas, que seriam exportados a preços competitivos no mercado internacional (FÜRSTENAU, 1987).

A Lei nº 4.829 de 1965, que institucionalizou o crédito rural, dispõe em seu artigo terceiro os seus objetivos, que são:

- I - estimular o incremento ordenado dos investimentos rurais, inclusive para armazenamento, beneficiamento e industrialização dos produtos agropecuários, quando efetuado por cooperativas ou pelo produtor na sua propriedade rural;
- II - favorecer o custeio oportuno e adequado da produção e a comercialização de produtos agropecuários;
- III - possibilitar o fortalecimento econômico dos produtores rurais, notadamente pequenos e médios;
- IV - incentivar a introdução de métodos racionais de produção, visando ao aumento da produtividade e à melhoria do padrão de vida das populações rurais, e à adequada defesa do solo (BRASIL, Lei nº 4.829, de 5 de Novembro de 1965, 1965).

Os grandes produtores não foram os únicos a se beneficiarem com esse sistema de crédito, com o estímulo de capital, a indústria foi outra beneficiada, devido ao crescimento pela demanda de produtos industrializados, como os óleos vegetais, matérias têxteis, farinhas etc (HELFAND, 1999).

O SCR basicamente funcionava direcionando os recursos que eram captados pelos bancos comerciais (10% dos depósitos à vista) para o setor agrícola (KAGEYAMA, 1990). “Essa forma de captação permitiu não só a rápida expansão do volume de créditos até meados de 1970, mas também uma grande flexibilidade na determinação das condições de remuneração por parte do setor agrícola (...)” (p.159). Embora houvesse pouco interesse por parte dos bancos privados devido à baixa taxa de juros e à pouca lucratividade, o Banco do Brasil conseguiu manter o suprimento de crédito com a sua participação no financiamento do setor.

A distribuição do crédito rural foi classificada de acordo com sua finalidade, podendo ser de custeio (para manutenção dos insumos e produção), de investimento (para a implantação da base tecnológica) e de comercialização (para despesas no comércio e incentivo na formação de cooperativas). No período de 1970/1996, a maior parcela dos recursos destinados às atividades rurais, foi concentrada principalmente no crédito de custeio (FÜRSTENAU, 1987; LEITE, 2013).

Kageyama (1990) divide a política de crédito agrícola em dois momentos. Inicialmente, consubstanciou-se na criação do SNC, tendo-se desenvolvido até a década de 1970. Nesse período, houve a consolidação do padrão de crescimento da agricultura, tanto com o crédito agrícola total, quanto com o crescimento substancial da disponibilidade de crédito acompanhado de baixa taxa de juros. Esse fato permitiu grande investimento no setor e a diminuição de preços de equipamentos e insumos industriais.

O segundo momento ocorreu a partir de 1979, quando houve uma mudança no cenário econômico e a redução das possibilidades de financiamento. Isso, juntamente com o aumento das taxas de inflação e de juros nos anos 1980, desencadeou uma desestruturação na captação

pelo sistema bancário, diminuindo os recursos disponíveis para investimento, custeio e comercialização (KAGEYAMA, 1990).

Fürstenau (1987), ainda afirma que ocorreu um desmantelamento no Sistema vigente, causado por uma “política econômica ortodoxa” (p.149). As medidas adotadas que atingiram diretamente o setor agrícola foram a retirada de subsídios ao crédito rural e a diminuição dos recursos advindos do corte nos gastos do governo.

Nessa perspectiva de crise do sistema financeiro, a agricultura perdeu papel privilegiado no que tange ao investimento e crédito rural, passando a integrar o mercado de uma forma geral. Sobre esse contexto, Kageyama (1990) afirma que:

Ao lado das restrições de crédito, o significado maior da crise do padrão de financiamento para a agricultura foi a perda do tratamento diferencial em suas relações com o setor financeiro. Isso significa que o capital produtivo aplicado na agricultura passou a enfrentar as mesmas dificuldades do capital produtivo geral, cuja valorização passou crescentemente para o circuito financeiro devido às condições oferecidas pelo mercado da ORTNs<sup>2</sup> (KAGEYAMA, 1990, p.166).

A retirada de subsídios de crédito, aliada as dificuldade e limitações ao financiamento inviabilizava as ações do setor agrícola. Ao considerar que são os investimentos que permitem o desenvolvimento tecnológico, a produtividade da terra e do trabalho, Fürstenau (1987), afirma que houve um processo de estagnação da agricultura nesse período em detrimento dessas melhorias.

## 1.2 Segunda Fase: Período da década de 1980

A segunda fase foi marcada por uma transição de um padrão de modernização conservadora, altamente dependente do Estado, para um novo padrão sob a ótica de uma nova ordem econômica e liberal. Com a fortemente retomada do debate nacional acerca da questão agrária no contexto político e econômico (DELGADO, 2001).

Martine (1990) caracterizou o período de 1980 a 1984, como sendo a fase de crise e retração. Tal situação se deveu ao fato de que o financiamento de crédito subsidiado entrou em crise na década de 1970, tendo sido os investimentos na agricultura um dos mais afetados. A agricultura perde o tratamento preferencial que recebia do setor financeiro. Entretanto, após esse período, a agropecuária apresentou bom desempenho em se comparando com o momento recessivo em que passava o setor industrial.

---

<sup>2</sup> Obrigações Reajustáveis do Tesouro Nacional.

Vale lembrar que o cenário internacional não era dos mais promissores, havia se instaurado a crise do petróleo. Segundo Gonzales e Costa (1998) essa fase compreendeu dois conjuntos de problemas. O primeiro foi relacionado com crise da economia externa e o fim da disponibilidade de financiamentos atrelados ao aumento dos juros internacionais e do petróleo.

O segundo conjunto de problemas se referem à crise de financiamento do Estado, evidenciando uma possível falência do Sistema de Crédito Rural. Gonzales e Costa (1998) pontuam que:

Foi nesse contexto de agravamento das contas públicas, principalmente em função da crise externa, que o modelo de desenvolvimento do setor agrícola baseado no crédito rural farto e barato começou a dar sinais de esgotamento. Os incentivos via crédito, principal pilar de sustentação da modernização do setor, teriam que ser cortados já que o país não mais poderia depender de poupança externa (GONZALES e COSTA 1998, p.15).

Em 1986, houve a criação da Poupança Verde em razão do crédito rural apresentar-se com problemas estruturais. Tal fundo de investimento, operado por bancos oficiais, teve como objetivo gerar *funding* para o financiamento do setor rural (GONZALES e COSTA, 1998).

Nesse período houve também uma tendência de mudança na concentração fundiária, com o crescimento do número de pequenos estabelecimentos de aproximadamente 18,8% a.a. Os fatores que levaram a essa inversão parcial da estrutura fundiária foram o impacto que sofreram as disponibilidades de crédito e subsídio, levando ao desinteresse do capital produtivo pela terra, que por sua vez proporcionaram um certo aumento da categoria posseiros, parceiros e pequenos proprietários que tinham interesse voltado para a produção de subsistência (MARTINE, 1990).

Apesar da crise do crédito rural e das dificuldades pelas quais passou a economia como um todo, o crescimento diferenciado do setor agropecuário pode ser explicado pelos seguintes argumentos: “a maior absorção de tecnologia, a relativa capitalização do setor, a contribuição da pesquisa, o papel da política cambial, a valorização do mercado interno e a contribuição da política de garantia de preços mínimos” (GONZALES e COSTA, 1998, p.18).

O aumento do uso da tecnologia foi intensificado devido às quedas nos preços dos produtos industrializados, viabilizando uma maior aquisição de fertilizantes, combustíveis, lubrificantes, defensivos e até mesmo de mão de obra, o que de fato acabou refletindo no aumento da produtividade agrícola. O investimento em pesquisa científica também significou a manutenção do crescimento da modernização e, conseqüentemente, da produtividade. Nesse

sentido, a EMBRAPA foi um marco para a disseminação da pesquisa no campo agrícola (GONZALES e COSTA, 1998).

De acordo com os autores supracitados, a política cambial também contribuiu de modo a influenciar favoravelmente a produção de culturas, uma vez que os preços de produtos agrícolas, principalmente os de exportação, bem como dos insumos importados foram afetados pela taxa de câmbio. Outra questão abordada pelos autores foi a maciça intervenção do governo ainda no período de 1986 a 1990, como por exemplo a Política de Garantia de Preços Mínimos (PGPM), que permitiu o contínuo crescimento do setor agrícola.

Nessa perspectiva, o Estado passou a manipular os preços mínimos e a assegurar certa rentabilidade para somente algumas culturas. Kageyama (1990) lembra que o preço mínimo passou, então, a ser formador de mercado e a complementar essa política e acrescenta que: “[...] como resultado dessa nova ênfase dada aos preços-mínimos e da debilidade de importantes mercados agrícolas, cresceu a presença do Estado nestes mercados e a política de preços-mínimos na definição de composição do produto agrícola” (p.169).

Helfand (1999) analisa a inter-relação entre as políticas agrícolas, os grupos de interesse e a economia nesse período, e afirma que a crise econômica foi o fator principal a explicar as mudanças de direção nos processos de tomada de decisão política. Esse período marcou uma transição que ensejava mudanças no sistema, principalmente de crédito, que estava à beira da falência. Dessa forma, a próxima fase da modernização iniciou-se com a necessidade de buscar alternativas para a crise até então instaurada.

### 1.3 Terceira Fase: o Início da década de 1990.

Um dos fortes indícios de mudança que a década de 1990 apresentou foi a necessidade de mudança de crédito, uma vez que se constatava uma completa falência do sistema vigente para a agricultura. Com as alterações profundas no quadro político do País, a partir da posse do novo presidente Collor de Mello, o discurso econômico passou a ser o mais liberal possível, dando maior ênfase na eficiência e competitividade, características fundamentais do setor privado (GONZALES e COSTA, 1998).

Com essas mudanças políticas, a crise generalizada agravou-se e com isso, as medidas adotadas pelo novo governo foram a “extinção da política para o trigo, extinção do Instituto do Açúcar e do Alcool, do Instituto Brasileiro do Café e a alteração da Política de Preços

Mínimos” (GONZALES e COSTA, 1998, p.29). Tais medidas conseguiram eliminar o preço único e permitir uma maior abertura da economia aos capitais privados.

Se por um lado o processo de modernização da agricultura teve fundamental importância para a economia do País como um todo, por outro não obteve o mesmo êxito em outros setores. No que concerne aos aspectos ambientais e sociais, a modernização pode ter contribuído para os agravamentos dos impactos ambientais naturais, o aumento das diferenças sociais, o desemprego no campo com o êxodo rural, bem como o inchaço das cidades, levando ao aumento descontrolado da pobreza e miséria.

A modernização em si não foi a maior causadora das mudanças estruturais e profundas na sociedade brasileira. Em verdade, a falta de base sólida para o planejamento e organização, atrelada à preferência dos incentivos aos grandes proprietários, assim como a despreocupação com o meio ambiente em geral, contribuíram em larga escala para formar o quadro atual.

Partindo de uma perspectiva a nível global acerca da modernização da agricultura, aprofundar-se-á no desenvolvimento e na expansão desse processo em Goiás. Dessa forma, enfatizar-se-á como ocorreram a expansão e a consolidação da fronteira agrícola no Centro-Oeste.

## **2 Modernização em Goiás: etapas do processo de ocupação de Goiás e a consolidação da Fronteira Agrícola**

O processo histórico de ocupação do Centro-Oeste ocorre de forma heterogênea, com a busca pelo ouro no período colonial. Os metais preciosos eram grandes impulsionadores para a exploração e, posteriormente, para a definitiva ocupação no território, uma vez que a economia açucareira já dava sinais de crise.

A descoberta de ouro na região de Goiás por Bartolomeu Bueno da Silva e João Leite da Silva Ortiz foi crucial para o aumento acelerado do processo de ocupação e criação de vilas e povoados na região. Assim, em 1749, foi instalada a capitania de Goiás num dos primeiros redutos auríferos, denominado Vila Boa. O auge da produção de ouro na região foi entre 1750 e 1754, após o qual houve a decadência (DINIZ, 2006).

Esse fato contribuiu para que as atividades agrícolas, que antes eram apenas de subsistência, ganhassem um novo enfoque. Desse forma, ainda no século 18,

[...] a aptidão e a qualidade da terra goiana podem ter sido as condicionantes para a produção agropecuária ainda na economia mineratória. As terras do Estado, em sua quase totalidade, possibilitam, de alguma forma, seu aproveitamento para a agropecuária, pois as que não oferecem condições para o desenvolvimento da agricultura, podem, e foram ao longo do tempo, ser utilizadas como pastagem, muitas vezes natural (SANTOS, 2010, p.18).

É importante ressaltar esse primeiro momento de ocupação do território em estudo, pois permite observar de forma geral como se desenvolveu esse processo. O declínio rápido do ouro acarretou a configuração de uma nova forma de ocupação com ênfase em diferentes atividades, as quais são relevantes até hoje para a economia e para o desenvolvimento do Estado como um todo.

O movimento de ocupação sobre a terra é caracterizada por relações políticas e sociais que marcam profundamente a história do país. Martins (1996) faz uma análise de como se dá a expansão no território brasileiro, mostrando suas implicações na diversidade histórica da fronteira: “A teoria da fronteira é, no meu modo de ver, basicamente um desdobramento da teoria da expansão territorial do capital. Novos terrenos são ocupados de modo capitalista quando é possível extrair deles a renda capitalista da terra” (Martins, 1996, p.48).

Dessa forma, segundo Martins (1996), a ocupação da fronteira é dividida em dois momentos, sendo o primeiro a “Frente de Expansão”, caracterizada pelas primeiras formas de ocupação do território, realizada por exploradores e seus escravos que se deslocavam em busca de terras novas para desenvolver atividades de mineração e uma economia de excedentes. Com essa definição, podem ser observados dois aspectos para a caracterização da Frente de Expansão: o vazio demográfico e a especificidade da organização social.

O segundo momento, definido como “Frente Pioneira”, que tem como principais características a produção capitalista e a acumulação de lucros, de modo que essa frente se estende sobre a anterior:

Se a frente pioneira se define essencialmente pela presença do capital na produção, o mesmo não ocorre, portanto, na frente de expansão, que não se constitui pela precedência do que nós definimos como econômico na constituição de seus modos de vida e da mentalidade de seus agentes. Embora sua dinâmica resulte da ação e dos interesses do capital, combinados com as concepções próprias do camponês e mesmo do índio integrado (MARTINS, 1996, p.46).

Ao analisar o processo de ocupação de áreas já consideradas capitalistas, não somente a partir de variáveis estruturais (demográfica e social), mas também levando em consideração as ações individuais, Miziara (2006) apresenta elementos que explicam a mudança no padrão tecnológico e que configuram a Fronteira Agrícola em Goiás.

A Fronteira Agrícola então, nada mais é do que a chegada da modernização no campo. De acordo com o modelo utilizado, Miziara (2006) explica tais mudanças baseando-se no conceito de renda fundiária de Marx.

Essa renda, por sua vez, está relacionada a uma extração de um sobrelucro que vai para o proprietário de terra. Por não ser uma forma de obtenção de lucro homogênea, e por gerar resultados diferenciais ao capital investido, Marx analisa o processo por meio da renda diferencial. Sobre isso, Lenz (2013) afirma que:

Pela teoria marxista, não são as condições naturais que causam a geração da renda diferencial, constituindo-se apenas na sua base, pois é a produtividade excepcionalmente acrescida do trabalho humano sobre a base natural, comparativamente mais favorável, que gera essa renda. Ao mesmo tempo, Marx enfatiza também que não é o direito de propriedade privada da terra a sua causa, pois a sua existência apenas capacita o proprietário fundiário a apropriá-la, pois esse lucro suplementar ainda existiria se fosse suprimida a propriedade da terra (LENZ, 2013, p.12).

A renda diferencial, por sua vez, é dividida em duas formas. Na renda diferencial I, a presença de diferentes resultados para uma mesma aplicação de capital considera propriedades com uma mesma extensão e também com mesmo investimento, esse quadro pode ser instalado em razão de fatores diversos, tais como: fertilidade e localização; distribuição de impostos; desenvolvimento diferenciado da agricultura e desigualdade na distribuição de capitais. Já a renda diferencial II está relacionada à aplicação de capital de forma similar na mesma parcela de terra, podem produzir resultados diferentes devido às aplicações sucessivas de capital, portanto de mudança na base técnica (tecnologia) (MIZIARA, 2000; MIZIARA, 2006).

Nessas circunstâncias, o indivíduo faz escolhas, de acordo com suas expectativas em relação ao retorno do capital que seriam a inversão de capital em áreas exploradas, conseqüentemente o aumento da renda diferencial II ou a mudança para outros solos mais baratos (MIZIARA, 2006).

Nessa perspectiva, as escolhas individuais são um aspecto fundamental para a conformação da expansão da Fronteira Agrícola, uma vez que tais atitudes determinam o nível de investimento a ser aplicado na terra ou a compra de novas terras com o objetivo de obter maior retorno.

[...] a decisão de investimentos por parte do capitalista está condicionada às oportunidades de lucro advindas de duas situações: a exploração das diferentes características “naturais” do solo e a intensificação no uso do solo já cultivado. A primeira opção relaciona-se à renda diferencial I, e a segunda à renda diferencial II (MIZIARA e FERREIRA, 2008).

Com base no modelo exposto, buscando uma forma sistematizada para dar continuidade ao processo histórico de expansão da Fronteira em Goiás, chega-se ao ponto forte que é o estudo da modernização agrícola. Segue assim a divisão desse processo em cinco etapas dentro das Frentes de Expansão e Pioneira e, por fim, da Fronteira Agrícola.

## 2.1 As Frentes de Expansão e Pioneira

A chamada frente de expansão consistiu em um momento inicial de ocupação do território, com vistas principalmente à exploração e à procura de metais preciosos. Essa fase é demarcada por duas etapas.

A primeira se refere à ocupação que ocorreu devido à descoberta do ouro no século XVIII. Tal fato gerou certa movimentação local e atividades secundárias que garantiram, mesmo que de forma esparsa, uma ocupação para o centro sul. Essas atividades, segundo Santos (2010), eram a agricultura e a pecuária, que já se iniciavam mesmo como forma de subsistência, dada a dificuldade de abastecimento.

As novas descobertas e a promessa de enriquecimento rápido se tornam grandes atrativos para viajantes e exploradores de várias regiões da colônia, de Portugal e até mesmo de outros países. Eventualmente, provocou um aumento da população e levou à ocupação para o interior do Brasil, até então não ocupado.

A busca desenfreada pelo ouro e a necessidade de enriquecimento rápido que impulsionaram a ocupação nesse período foram frustradas pelo esgotamento dos recursos minerais na região a partir de 1750. Coelho (1997) ainda afirma que, durante o desenvolvimento da mineração, atividades que desviassem mãos de obra escrava eram tidas como proibidas, o que resultou no pouco desenvolvimento da agropecuária de subsistência.

Diniz (2006) ressalta que, em Goiás, foi a agropecuária que manteve certo dinamismo econômico e, mais tarde, no século XIX, a agricultura ganharia maior visibilidade e importância, principalmente com a produção do algodão.

Em decorrência da crise do ouro, a região passou por um processo de esvaziamento. Grande parte dos mineiros não tinha interesse em desenvolver outras atividades e acabou migrando para outras regiões. Assim, vários núcleos mineradores foram abandonados. “A

mineração, que foi grande responsável por uma ocupação de características urbanas, ao desaparecer, leva consigo esse caráter, além de provocar uma nova distribuição, nos moldes rurais, da população remanescente [...]” (COELHO, 1997, p.30). Em contrapartida, nota-se crescente fluxo migratório em direção a Goiás.

Após esse primeiro momento de ocupação pela atividade aurífera, inicia-se a segunda etapa da frente de expansão, que foi a ocupação da região Sul pelos Geralistas, imigrantes de Minas Gerais e São Paulo que se apossaram de grandes e pequenas terras desocupadas. Nesse momento, a criação extensiva de gado foi uma das principais atividades desenvolvidas.

Na zona sudoeste de Goiás, já havia paulistas estabelecidos, provavelmente devido à ocupação pelo ouro. Mais tarde, novas migrações na região foram acontecendo, vindas também de Minas Gerais.

Diniz (2006) aponta dois processos que tiveram grandes impactos na crescente ocupação do Brasil Central, quais sejam o fim da escravidão e o grande incentivo à imigração principalmente após a proclamação da República. “Assim, uma série de fatos combinados contribuiu para que a economia regional passasse de colonial a pré-capitalista” (DINIZ, 2006, p.51). Resta configurada, então, a próxima fase: a frente pioneira.

A chamada frente pioneira se caracteriza por uma mudança na forma de ocupação, pois marca a consolidação do capitalismo por meio da propriedade privada de terra e instalação de empreendimentos econômicos.

Martins (1996) afirma que a movimentação da frente pioneira é impulsionada por interesses imobiliários, empresas de ferrovias e a agricultura de exportação. Nesse quadro, o deslocamento da frente pioneira sobre as terras já ocupadas pela frente de expansão acelera-se e, de certa forma, essa transposição das fronteiras acaba sendo considerada violenta.

A frente pioneira é composta pela terceira etapa, que se caracteriza pela chegada da estrada de ferro na segunda década do século XX. Esta proporcionou uma integração de Goiás à economia nacional, abrindo possibilidades de desenvolvimento da produção como um todo, basicamente no Sul e Sudeste. Assim, tanto a agricultura quanto a pecuária se organizaram nas bases capitalistas.

Na constatação de Guimarães e Leme (2002), esse processo trouxe impactos importantes e dinamizadores que foram sentidos nas primeiras etapas de sua implantação, contribuindo para a produção de alimentos e também para a valorização fundiária. Ademais, implicou mudanças significativas na urbanização, com a criação e o assentamento de

pequenos centros urbanos no entorno das estações ferroviárias, principalmente nas áreas do sul, sudeste e sudoeste do Estado de Goiás.

Nesse aspecto, podemos perceber que as ferrovias trouxeram consigo um novo conceito para a ocupação e fixação das populações no território. De forma que promoveram a valorização de terras próximas a elas, o aumento das relações comerciais entre as cidades, além do aumento do processo de urbanização.

Com o crescimento da região marcado pela presença da ferrovia, houve a necessidade de uma ocupação populacional intensa cujo objetivo foi principalmente integrar as regiões isoladas. O movimento da “Marcha para o Oeste” e a criação da Colônia Agrícola Nacional de Ceres (CANC) compõem assim, a quarta etapa dessa frente pioneira.

A chamada Marcha para o Oeste – proclamada por Vargas em 1937 – foi um evento importante por se tratar de uma forte política de colonização do centro-oeste brasileiro. Marcou-se pela abertura de uma nova fronteira e pela colonização dirigida e incentivada diretamente pelo Governo.

A nova capital representava, assim, novas possibilidades e novos recomeços, tornando-se grande foco de imigração. Pádua (2007) aponta que o grande atrativo para tal surto imigratório reside no fato de que nesse espaço havia grande extensão de terras férteis e matas ainda inexploradas. Aliadas a isso, as propagandas a nível nacional que ressaltavam as possibilidades nessa nova terra contribuíram com o aumento do interesse de outros imigrantes, que passaram a ocupar as áreas adjacentes a Goiânia, com destaque para a área conhecida como “Mato Grosso de Goiás”.

Outro evento importante a ser mencionado e que impulsionou a política de colonização foi o surgimento de projetos governamentais na década de 1940 que culminaram na criação da Colônia Agrícola Nacional de Goiás (CANG), formada por onze áreas e com sede em Ceres (DINIZ, 2006).

Além da construção da nova capital de Goiás e do desenvolvimento de uma colônia agrícola com vistas a fortalecer a imigração e ocupação do território, outro processo teve notória influência nessa conjuntura.

Pádua (2007) denomina esse período de “A segunda marcha para o Oeste”, que culmina na construção de Brasília, cuja primeira etapa tem início em 1956, com inauguração oficial em 1960. Nesse contexto, houve um rápido crescimento da população urbana em detrimento das consecutivas reduções na população rural. “Esse fenômeno também esteve

condicionado pelos investimentos governamentais que atraíram maciça imigração, tanto para Brasília como para região do entorno” (PÁDUA, 2007, p.634).

Nessa perspectiva, as décadas de 1950 e 1960 são marcadas pelo avanço na ocupação de Goiás, pelas intensas imigrações, além dos projetos de interiorização do território e transformação na estrutura produtiva, contribuindo para o desenvolvimento do setor agrícola. Assim, “preparava-se assim a grande mudança funcional do Centro-Oeste, a modernização agropecuária das décadas de 1970 e 1980, responsáveis pelo salto produtivo e pela resposta exportadora do complexo grãos-carne” (GUIMARÃES e LEME, 1997, p.43).

Com as Frentes de expansão e Pioneiras consolidadas, a quinta etapa desse histórico de ocupação, definido como fronteira agrícola, ganha notoriedade pelas mudanças nas bases de produção e aplicação do capital. Dessa forma, a relevância desse período será analisada a seguir.

### **3. Expansão da Fronteira Agrícola**

A expansão e consolidação da fronteira agrícola de Goiás em meados da década de 1970, conta com o apoio de políticas e programas governamentais de incentivo a modernização da produção agropecuária, uma vez que se baseavam particularmente “na pecuária extensiva e na agricultura rudimentar, o setor passa a incorporar, crescentemente, a moderna tecnologia da Revolução Verde” (MIZIARA e FERREIRA, 2008, p.111).

Klink e Moreira (2002) dividem as duas principais causas da expansão da fronteira agrícola em duas grandes categorias, que foram as políticas dirigidas com o objetivo de expansão agrícola como um todo e as políticas específicas para o cerrado, juntamente com os programas de desenvolvimento, de crédito e tecnológicos.

Esse processo inicia-se principalmente com a vinda de agricultores de outras regiões do país que já detinham grandes conhecimentos e experiências em relação às novas tecnologias que vinham ganhando força no território. A priori, esses novos agricultores optavam por trabalhar com o diferencial de preço de terras, que eram mais baratas que as de sua região, explorando assim “um diferencial advindo das condições naturais da terra, o que se enquadra na renda diferencial I” (MIZIARA e FERREIRA, 2008, p.111).

Como mencionado anteriormente, a modernização no Brasil aconteceu principalmente com a crescente necessidade de implantar um novo e moderno pacote tecnológico, impulsionado pela “Revolução Verde”. Os incentivos do Governo facilitaram o crédito e a

implantação de novas políticas desenvolvimentistas. A partir desse período, foram criados programas específicos para o desenvolvimento agrícola comercial que impulsionariam de forma extraordinária a região Centro-Oeste.

Foram desenvolvidos e aplicados planos e políticas no âmbito estadual e federal com o intuito de aumentar e efetivar a integração econômica da região. Assim, no âmbito Federal, o Plano Nacional de Desenvolvimento (II PND datado de 1975 a 1979) tinha com o objetivo a expansão da fronteira agrícola a nível nacional (FARIAS e ZAMBERLAN, 2013).

O Estado teve papel fundamental na busca pela expansão capitalista no campo. Desde então, foram sendo implantados programas de desenvolvimento regionais específicos para beneficiar as atividades agrícolas, na região do Centro-Oeste, destacam-se: O Programa de Garantia da Atividade Agropecuária (PROAGO), o Programa de Desenvolvimento dos Cerrados (POLOCENTRO) e o Programa Nipo-Brasileiro de Desenvolvimento Agrícola da Região dos Cerrados (PRODECER) (MATOS e PÊSSOA, 2011).

Nessa perspectiva, criaram-se os Programas de Desenvolvimento Regional que abrangeram especificamente a região de Goiás. Cabe salientar que serão aqui discutidos e apresentados os dois programas mais relevantes para o estudo por abrangerem a região do Cerrado. São eles: O Programa de Desenvolvimento do Cerrado (POLOCENTRO) e o Programa de Cooperação Nipo-Brasileira para o Desenvolvimento dos Cerrados (PRODECER).

O POLOCENTRO foi criado em 29 de janeiro de 1975, pelo decreto nº76.320/75 e atuou principalmente nas áreas que tinham potencial para o desenvolvimento das atividades agropecuárias. Assim, “as áreas antes compostas pelo cerrado, deram lugar às culturas agrícolas, predominando, no início a cultura do arroz, acompanhando as pastagens para a pecuária” (TEIXEIRA e HESPANHOL, 2006).

Esse programa tinha como principal objetivo desenvolver e modernizar a agropecuária da região de fronteira em escala empresarial, por meio da concessão de crédito subsidiado e a construção de infraestrutura em diferentes áreas (polos) do Cerrado (Campo Grande, Três Lagoas e Bodoquena em Mato Grosso do Sul; Xavantina e Parecis em Mato Grosso; e Gurupi, Paranã, Pirineus, Piranhas e Rio Verde em Goiás) que já tinham algum tipo de infraestrutura e potencial agrícola (TEIXEIRA e HESPANHOL, 2006).

Nesse sentido, “a agropecuária do cerrado tornou-se moderna e produtiva graças à geração e difusão de novas técnicas, originárias da pesquisa e experimentação fomentada pelo

programa, que chegou a aprovar na região, cerca de 2400 projetos, os quais obtiveram créditos de US\$ 467 mi (DINIZ, 2006, p.116).

O setor de pesquisa teve um bom desempenho, a EMBRAPA foi um centro importante de estudos e desenvolvimento de projetos na área de tecnologia de cultivos e pecuária de corte, principalmente voltadas para as características específicas da região (FARIAS e ZAMBERLAN, 2013).

Por sua vez, o crédito rural foi o segmento que mais acelerou o processo de capitalização no campo. “A diversidade das linhas de crédito, bem como as taxas de juros subsidiadas e estimularam grande número de interessados a instalar-se nos cerrados” (DINIZ, 2006, p.134).

O sistema de crédito, por exigir um padrão mais alto de tecnologia, acabou por não contemplar os pequenos produtores. Como muitas exigências desse sistema estavam fora do alcance do pequeno agricultor, o que contribuiu para a redução das pequenas propriedades, formou assim e uma grande concentração do crédito rural nas grandes propriedades (FARIAS e ZAMBERLAN, 2013).

Com isso, percebe-se que a opção feita pelo Estado foi determinante para priorizar a escala empresarial, o que pode ter levado a consequências sociais negativas. Além desse fator, o POLOCENTRO teve papel importante no desenvolvimento de tecnologias e ampliação da modernização na agropecuária e o programa foi extinto no final dos anos de 1970 e início dos anos 1980 com a crise econômica, política e do petróleo (DINIZ, 2006).

Outro programa que merece destaque foi o PRODECER, o qual se originou em 1976 com um acordo entre o governo brasileiro e a Japan International Cooperation Agency – JICA. De acordo com Inocêncio e Calaça (2009), esse programa foi executado em três fases. A primeira (PRODECER I) iniciou-se em 1980 no oeste de Minas Gerais; a segunda (PRODECER II) aconteceu nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Bahia, em 1987; por fim, a terceira (PRODECER III) se concretizou a partir de 1995 no Maranhão e Tocantins.

Visando ao fortalecimento da ocupação do Cerrado com a implementação e o aumento das bases técnicas e gerenciais modernas, tal programa teve como um de seus grandes direcionamentos a produção de grãos, principalmente a soja, milho e sorgo (INOCÊNCIO e CALAÇA, 2009).

No Estado de Goiás, a segunda versão (PRODECER II) incorporou, em 1985, uma área de 200 mil hectares, sendo que os investimentos chegaram à base de US\$ 350 milhões.

Os problemas com dívidas relacionadas aos juros foram frequentes, atingindo uma dívida estimada em R\$ 400 milhões. Tal endividamento foi gerado, por um lado, pelo não cumprimento do contrato que previa a não cobrança de juros superiores às taxas fixadas pelo Japão. Por outro, os sucessivos planos de ajuste econômico, o tabelamento de produtos agrícolas e o não tabelamento dos insumos provocaram o crescimento da dívida. (DINIZ, 2006).

Em suma, apesar dos problemas e dívidas gerados pelo PRODECER II, é importante ressaltar que o projeto teve contribuição positiva para o desenvolvimento de novas técnicas, pesquisas e tecnologia permitindo a expansão agrícola nos cerrados, além do aumento da economia de exportação.

É importante ressaltar que, além desses programas desenvolvimentistas liderados pelo Governo, o crédito subsidiado e a política de preços mínimos também foram relevantes para a estimulação da colonização e expansão da fronteira agrícola nos cerrados, em especial no Centro-Oeste (DINIZ, 2006; TEIXEIRA e HESPANHOL, 2006).

Para além dos programas de incentivo governamental e de créditos, a expansão da fronteira agrícola se caracteriza pelo uso e ocupação do Estado de Goiás que será abordado de forma específica adiante.

### 3.1 Uso e ocupação do solo em Goiás

Conforme as frentes apresentadas, a ocupação de Goiás se deu de forma heterogênea, num primeiro momento devido às atividades mineradoras e conseqüentemente com a incorporação de terras ao processo produtivo e o desenvolvimento de tecnologias. Essa ocupação e posteriormente a consolidação da fronteira agrícola ocorre no sentido Sul-Norte do Estado, devido ao fato de que as regiões ao Sul estavam mais próximas aos grandes centros econômicos (MIZIARA 2006).

Klink e Moreira (2002) também afirmam que as principais mudanças no uso do solo se deram em função das medidas adotadas para a expansão da intensa agropecuária. Assim, devido às características naturais do cerrado e a facilidade para a retirada de cobertura vegetal, a agricultura e criação de gado foram desenvolvidas significativamente.

Ao analisar o avanço da Fronteira Agrícola, é necessário que se considere duas especificidades do Bioma Cerrado: a baixa fertilidade natural e a acidez elevada que constituíram, por muito tempo, impedimento para o aumento das atividades agrícolas. Assim,

com o desenvolvimento tecnológico, essas características deixam de serem fatores limitantes do processo e a topografia assume papel mais importante (MIZIARA 2006; MIZIARA e FERREIRA 2008).

PRADO et al. (2012) afirmam que dada a composição do relevo de Goiás, houve a preocupação de se usar as regiões mais planas para a incorporação da agricultura, enquanto que a pecuária, por não exigir tais especificidades topográficas, não encontrou obstáculos para seu desenvolvimento.

Ao analisar o período de 1940 a 1995, Miziara (2006) observou grande impacto no que se refere ao uso do solo, de forma que as propriedades rurais, que antes ocupavam 44,7% do território, chegaram a ocupar 78,7% da área total do Estado. A pecuária então é considerada o foco do uso da terra, pelo fato de que inicialmente demandava pouco investimento de capital e tinha como característica a baixa produtividade de pastagem.

Com o avanço da Fronteira Agrícola, ocorre uma inversão entre a área de pastagens naturais e a de pastagens plantadas, que exigem maior investimento para aumento de produção de bovinos. Assim, “essa inovação, que ocorre de forma mais acentuada a partir de 1975, representa, portanto, uma intensificação no uso do solo” (MIZIARA e FERREIRA 2008).

Ocorreram também gradativo aumento das lavouras temporárias devido as melhorias no transporte que permitem um maior escoamento de produtos e acesso à diversas regiões. A substituição do cultivo de arroz pelo de soja, uma vez que essa oleaginosa torna-se uma *commodity*, visada no mercado exterior (MIZIARA, 2006; MIZIARA e FERREIRA, 2008).

Os usos das áreas de pastagem se intensificam também, quando há uma escassez de terras disponíveis e conseqüentemente o aumento do preço das mesmas. O avanço da pecuária se dá no sentido horizontal com a ocupação de novas áreas, e vertical, por meio do aumento de capital investido associado ao desenvolvimento tecnológico (RODRIGUES e MIZIARA, 2008). Ao analisar o desenvolvimento da pecuária, os autores observaram que:

As características da pecuária de corte demonstram potencial para a incorporação de novas técnicas e busca por maior intensificação no uso do solo. Assim, a bovinocultura vem sofrendo alterações nos seus sistemas produtivos, passando de pastagens extensivas a um processo de melhoria de qualidade nas pastagens, de emprego de fertilizantes, rotação de pastagens, cultura de forrageiras e fornecimento de suplementos alimentares, até chegar ao ponto máximo de intensificação: o confinamento (RODRIGUES e MIZIARA, 2008, p.19).

De acordo com Klink e Moreira (2002), o expressivo aumento no número de bovinos é uma consequência direta do aumento da área de pastagem plantada. Para os autores, esse tipo de prática é de longe a mais importante forma de uso e ocupação do cerrado, uma vez que o processo de plantação em novas áreas requer o desmatamento e a queimada da região.

Sano et al. (2008) afirmam que as principais classes de uso do solo em Goiás são a cultura agrícola, (6.226.00 hectares) que ocupam 18% da área total do estado; a área de pastagem cultivada (15.475.000 hectares) que correspondem a 45% da área total; área urbanas e núcleos rurais que juntos totalizam 254.000 hectares. Aqui fica clara a intensidade do uso do solo para a pecuária. Os autores ainda complementam que a maior parte dos latossolos de Goiás possui de mediana a elevada aptidão para a agricultura, porém vem sendo utilizados para pastagens que já se encontram em alto estado de degradação.

Em estudos de mapeamento por satélite do uso do solo em toda região de Cerrado, Sano et al. (2010) calcularam que as áreas de pastagem foram as mais extensas em Goiás, aproximadamente 13.0 milhões hectares, enquanto que Minas Gerais chegava a 11,8 e Mato Grosso a 11 milhões de hectares.

Para além da forte presença das pastagens naturais e cultivadas em Goiás, a Região Sudoeste (Jataí e Rio Verde) ganha destaque na produção de soja, milho, e, mais recentemente, algodão e cana de açúcar, com elevado emprego de tecnologias modernas (SANO et al., 2010).

As mudanças no uso do solo, de maneira global, tem transformado de forma significativa grande parte da superfície terrestre do planeta e causa um grande dilema, de um lado a necessidade da busca por recursos naturais, desenvolvimento humano e tecnológico e por outro os impactos ambientais resultantes desse processo. Por mais que as práticas de uso do solo “vary greatly across the world, their ultimate outcome is generally the same: the acquisition of natural resources for immediate human needs, often at the expense of degrading environmental conditions” (FOLEY et al., 2005, p.570).

Diante do exposto, observa-se a dinâmica de ocupação do espaço no Estado de Goiás, bem como os processos de modernização e crescimento econômico que promoveram mudanças na configuração do bioma Cerrado. Nesse contexto de expansão da Fronteira, incremento de tecnologias de correção de solo, fertilizantes, aumento da produção de insumos agrícolas, intensificação do uso do solo, analisar-se-ão os impactos ambientais mais comuns resultantes, seu grau de importância e sua relação com a modernização.

## CAPÍTULO II

### O CERRADO GOIANO E OS IMPACTOS AMBIENTAIS DECORRENTES DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS.

#### 1. O Bioma Cerrado

O Bioma Cerrado possui uma grande importância no cenário brasileiro, dada sua riqueza em recursos naturais e biodiversidade. É preciso um olhar abrangente e integrado que permita se observar o Cerrado para além de um ambiente meramente natural. É também um espaço formado de processos políticos, culturais, sociais e econômicos em constante transformação.

O bioma é uma formação biótica de grandes dimensões, existente em todos os continentes. Esses espaços geográficos são primeiramente determinados pelas condições climáticas e em segundo plano determinados pelos fatores edáficos e de habitat (Carpenter, 1939). Nesse sentido,

The biome is conditioned primarily by climate and secondarily by edaphic and other local conditions during its development stages. An essential feature of the organization within the biotic community is the element of interaction which is based upon the struggle for existence. The effect of the community and its constituents upon each other and upon the habitats creates a succession of stages which results in a more or less stable climax stage, the association. Associations composed of similar life forms and with similar ecological organizations constitute a biome (Carpenter, 1939, p.85).

O cerrado é o segundo maior bioma brasileiro, ocupando uma área de 204,7 milhões de hectares. Está localizado na porção central do país e sua área contínua incide em partes dos estados da Bahia, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Maranhão, Rondônia, São Paulo, Paraná e Tocantins. Distrito Federal e Goiás possuem praticamente toda sua extensão inserida no Bioma Cerrado (SANO et al., 2010).

O termo cerrado, descrito por George Eiten (1977), se refere a uma vegetação bastante variada, adaptada ao clima seco, de arvoredos, comunidades arbustivas, savanas abertas e campos gramíneos. No Brasil, o cerrado faz divisa com os quatro biomas brasileiros, apresentando uma elevada biodiversidade e alta taxa de endemismo de espécies e é

circundado “por outras províncias vegetacionais de grande escala como as florestas atlântica e amazônica nas regiões com mais chuva e a caatinga e o chaco em regiões com menos chuva” (EITEN, 1977, p.125).

A paisagem natural do cerrado por ser bastante diversificada, muitas vezes é comparada a um mosaico paisagístico. Assim, uma das formas de classificar suas várias fitofisionomias é de acordo com o sistema de Ribeiro e Walter (2008). Os autores descrevem onze tipos principais de vegetação que são divididas em: formações florestais (Mata Ciliar, Mata de Galeria, Mata Seca e Cerradão); Savânicas (Cerrado sentido restrito, Parque de Cerrado, Palmeiral e Vereda) e Campestres (Campo Sujo, Campo Limpo e Campo Rupestre) (RIBEIRO e WALTER, 2008).

A diversidade de fitofisiologias do cerrado se dá pela formação rochosa do bioma em que se encontram diferentes tipos de solo, pelo clima e também disposição hídrica. “Esta diversidade de paisagens determina uma grande diversidade florística, que coloca a flora do bioma Cerrado como a mais rica entre as savanas do mundo” (FELFILI et al., 2005, p.27).

É detentor de uma rica variedade de fauna e flora ameaçadas pelo uso indevido, indiscriminado e crescente dos recursos naturais, o Cerrado Brasileiro é considerado por Myers et al. (2000) uma das 25 áreas de *hotspot* do planeta. Em termos de biodiversidade, um *hotspot* é identificado pela equipe de cientistas como uma região de concentração excepcional de espécies endêmicas – típica de uma determinada região – que experimentam uma perda quantitativa de seu habitat, podendo até mesmo correr risco de extinção.

Klink e Machado (2005) afirmam ainda que 44% da flora do cerrado é endêmica e que “existe uma grande diversidade de habitats e alternância de espécies.” (p.149). Apesar da considerável biodiversidade existente no Cerrado e de sua importância ambiental, cultural e socioeconômica, a preocupação com a preservação e as políticas de conservação tem sido ineficazes. Estima-se que menos de 2% do cerrado em Goiás estão legalmente protegidos, por meio de Unidades de Conservação (SEGPLAN, 2015). Por determinação constitucional, em Goiás deveriam ser protegidos 20% do cerrado (MARTINS Jr. e CHAVES, 2008).

Ademais, o Cerrado possui uma riqueza hídrica importantíssima do ponto de vista socioeconômico, sendo conhecido como “berço das águas brasileiras”, pelo fato de as nascentes das três maiores bacias hidrográficas nascerem nos limites do bioma, sendo elas a bacia São Francisco; a bacia do Tocantins/Araguaia e a bacia Paraná/Paraguai (BASTOS e FERREIRA, 2010). Os autores ainda salientam que:

Os rios do Cerrado, formam cursos d'água encachoeirados, propícios à formação de lagos, usinas hidrelétricas e pequenos açudes. Os barramentos, tanto beneficiam como causam danos à população e ao ambiente. Com a formação dos lagos, várias nascentes são sufocadas e desaparecem inclusive os subsistemas de Veredas (BASTOS e FERREIRA, 2012, p. 98).

Estudos feitos por Sano et al. (2008) apontam que restam apenas 44% da cobertura de vegetação primitiva do Cerrado. Estima-se que aproximadamente 56% da cobertura tenha sido convertida em classes de uso antrópico, agricultura, cultivo de pastagens, áreas urbanas, etc. Em Goiás e no Distrito Federal restam apenas 35% de vegetação nativa do cerrado, sendo 63% de áreas destinadas a culturas agrícolas e pastagens.

O cerrado é a região com maiores e mais elevadas taxas de conversão de ambientes naturais do Brasil (MARTINS e CHAVES, 2008). Isso se dá pelo fato de haver grande influência estatal e de programas econômicos que incentivaram a ocupação do Estado, especialmente a partir da década de 1970.

Como abordado anteriormente, com a ocupação do território e as mudanças nas bases tecnológicas, transformaram a constituição da cultura e da sociedade no ambiente cerrado. Conflitos pelo uso dos solos e dos recursos naturais levaram a uma hegemonia dos mais fortes em detrimento das comunidades tradicionais, dos índios e ribeirinhos.

Nessa perspectiva, a paisagem do cerrado, enquanto um complexo sistema de inter-relações sociais e ambientais, pautada nos povos e tradições que se formam nesse ambiente, possui riquezas inestimáveis e devem ser respeitados em sua essência. Pois fazem parte e também compõe esse bioma e junto com ele sofrem os impactos do processo de ocupação e degradação como um todo.

## **2. O que são impactos ambientais**

A partir desse momento, adentrar-se-á o estudo das dinâmicas de transformação do ambiente – a partir do processo de modernização agrícola – as causas e efeitos significativos e suas implicações para a sociedade como um todo.

O impacto ambiental, na perspectiva adotada neste estudo, é toda e qualquer alteração da qualidade ambiental, que comprometa o equilíbrio dos sistemas naturais ou antropizados, e que são decorrentes da ação humana (SÁNCHEZ, 2013). Na literatura, existem diversos conceitos para definir impactos ambientais e que variam de acordo com os objetivos e formação dos pesquisadores.

A ação humana no desenvolvimento dos impactos ambientais pode ser exemplificada na supressão de elementos do meio ambiente (como a vegetação nativa, destruição de habitats, paisagens notáveis, espaços tradicionais, etc.); na inserção de novos elementos no ambiente (como espécies exóticas, construções, etc.) e na sobrecarga, que decorre da introdução de elementos que vai além da capacidade de suporte do ambiente, gerando desequilíbrio (introdução de poluentes, espécies exóticas que alteram o ecossistema<sup>3</sup> local, redução do habitat natural, aumento da demanda por bens e serviços) (SÁNCHEZ, 2013).

Merece destaque a definição presente na Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) de número 1/1986:

[...] considera-se impacto ambiental 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: I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população; II - as atividades sociais e econômicas; III - a biota; IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; V - a qualidade dos recursos ambientais.

Cabe salientar que os impactos ambientais não se referem somente à degradação do meio ambiente natural, mas também envolvem componentes socioculturais e em alguns casos, podem possuir características positivas. Geralmente impactos positivos são corriqueiramente observados em relação aos aspectos sociais, como geração de emprego, aumento de renda, urbanização, etc.

A Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) que desenvolve, entre outros estudos, pesquisas na área agrícola, afirma que os impactos ambientais das atividades agrícolas podem ser tanto positivos quanto negativos, e que são determinados tanto pelos sistemas agro ecológicos, potencialidades físicas do solo, condições econômicas, tecnologia, quanto pelas práticas adotadas em relação ao meio, pois:

Agricultural activities produce the diverse range of harmful and beneficial impacts on environmental quality. Farming can lead to a deterioration in soil, water and the loss of the habitats and biodiversity. But agricultural activity can contribute to environmental benefits such as acting as a sink for greenhouse gases, conserving and also enhancing biodiversity and landscape, and preventing flooding and landslides (OECD, 1999, p. 11)

---

<sup>3</sup> De maneira geral um ecossistema é um sistema de interações entre todos os objetos vivos e objetos não vivos em um determinado espaço. Esses objetos seriam os seres vivos, orgânicos e os fatores inorgânicos existentes no ambiente (WEATHERS et al., 2014)

Nessa perspectiva, apesar de as práticas agrícolas causarem as mais diversas degradações ambientais, ainda é possível que possam ter impactos positivos, desde que as práticas sejam bem planejadas e sustentáveis. Como salienta a OECD (1999), podem ser favoráveis na captação de gases de efeito estufa, conservação de biodiversidade, prevenção de inundações, deslizamentos etc.

Ao desenvolver indicadores ambientais, a OECD busca reforçar e contribuir com os tomadores de decisões e agricultores, além de pesquisas que permitam práticas agrícolas que favoreçam o desenvolvimento sustentável em relação ao meio ambiente.

Após as considerações iniciais, serão elencados os principais impactos ambientais advindos da agricultura e pecuária, além dos impactos socioeconômicos.

### **3. Os impactos ambientais da agricultura**

A intensificação do uso e ocupação do solo, promovidos pela modernização agrícola, alteraram de forma significativa os componentes naturais do cerrado e por consequência as relações sociais e ambientais no âmbito desse bioma.

A agricultura é uma atividade que exige intenso uso do solo e dos recursos naturais. A prática sem levar em consideração as características naturais, sem o correto manejo e planejamento e com uso de produtos químicos, causa diversos tipos impactos sobre o ambiente, tais como desmatamentos, queimadas em pastagens e florestas, poluição por agrotóxicos, erosão e degradação de solos e contaminação das águas.

Graziano Neto (1982) já se atentava para as questões ecológicas, ressaltando que, mesmo antes da dita modernização, no sistema de monoculturas, as agressões à natureza já eram consideradas graves e sérias.

A difusão da monocultura em solos fertilizados é tida como marca registrada da agricultura moderna. Porém, de acordo com estudos, tal prática poderia se tornar instável, suscetível a invasões de diversas espécies daninhas, doenças e pragas, além de levar ao empobrecimento do solo pela perda de nutrientes (TILMAN, 1999).

A esse respeito, Balsan (2006) pontua que o processo de especialização de alguns produtos, impulsionado pela economia principalmente externa, permite o crescimento da monocultura, que ocasiona a fragilidade ambiental, econômica e social. “A fragilidade

ambiental é marcada pela perda da biodiversidade e, sucessivamente, pela erosão genética” (p.130).

Para Tilman (1999), os principais impactos ambientais da expansão das monoculturas, estariam relacionados ao aumento das taxas de Nitrogênio e Fósforo, aumento das áreas irrigadas e de terras cultiváveis. Os nutrientes em excesso podem causar impactos detrimenais significantes no solo, além da eutrofização e poluição das águas.

Tilman (1999) ainda ressalta que a monocultura tem elevado à produção de alimentos, fator positivo por um lado, porém a custos ambientais que não podem ser ignorados, principalmente em relação ao aumento das taxas de nitrogênio e fósforo e da área irrigada para tal fim. Ainda completa que “[...] the tradition in agriculture has been to maximize production and minimize the cost of food with little regard to impacts on the environment and the services it provides to society.” (TILMAN, 1999, p.5999).

Em “A questão agrária e a ecologia”, Graziano Neto (1982) pontua os diversos impactos ambientais, asseverando que, nos solos, o manejo errôneo pode levar à perda da matéria orgânica e ao comprometimento da fertilidade e da capacidade de retenção da água.

O plantio convencional deixa o solo vulnerável às intempéries ambientais, que podem afetar o nível de matéria orgânico e nutriente das camadas superiores. A prática pode levar a perda de solo e de vegetação, causando erosões e desertificação. A drenagem de águas superficiais pode afetar os ecossistemas aquáticos, provocando a perda do habitat direto de diversas espécies, além de contribuir com o carreamento de poluentes e sedimentos para os sistemas hídricos (MCLAUGHLIN E MINEAU, 1995, FEARNSIDE, 2000).

O uso indiscriminado de agrotóxicos e pesticidas pode causar degradação dos solos, dos pastos, dos recursos hídricos e, sobretudo da saúde humana. Além disso, a perda da qualidade biológica dos alimentos e a contaminação destes e do homem são outro impacto ambiental preocupante, pois a necessidade de aumentar a produção de alimentos comumente leva à criação de técnicas genéticas e à utilização de produtos artificiais para atender o mercado (GRAZIANO NETO, 1982; MCLAUGHLIN E MINEAU, 1995).

Van der werf (1996) afirma que as doenças por envenenamento de pesticidas são comuns e afetam não só milhares de trabalhadores rurais que estão diretamente em contato com esses produtos, como também a população em geral, uma vez que seus resíduos são absorvidos pelos alimentos, pela água potável, pela inalação do ar e por contato na pele.

O impacto dos pesticidas no meio ambiente ganha destaque após o advento da “Revolução Verde”, sendo considerado um dos pilares desse novo pacote tecnológico, eram

capazes de exterminar pragas indesejáveis. Porém, por mais seletivos que sejam, contribuem para os impactos na biodiversidade e perda de habitat (MCLAUGHLIN e MINEAU, 1995; TILMAN, 1999).

Além disso, os pesticidas podem causar degradação dos solos, absorção e bioacumulação de elementos químicos pelas raízes das plantas, volatilização e deposição, o que aumenta a dispersão de pesticida no ambiente, e o alcance, podendo contaminar outras espécies de plantas e animais, lixiviação para os sistemas hídricos, contribuindo para a poluição e por fim intoxicação humana (VAN DER WERF, 1996).

O desperdício energético também é apontado como um impacto importante da moderna agricultura, uma vez que são desprendidas grandes quantidades de energia para o setor agrícola. Graziano Neto (1982) indica o balanço energético como forma de contabilizar as formas de energia utilizadas e avaliar as tecnologias desenvolvidas. Por fim, há a preocupação com a poluição em geral e a morte da natureza, despontando como fatores negativos o desmatamento, a poluição dos recursos hídricos, a contaminação dos mananciais e as queimadas.

O crescimento do mercado de soja é outro fato que contribui com o aumento dos impactos ambientais. O cultivo dessa monocultura em especial pode ser considerado muito mais danoso que as demais culturas, uma vez que necessitam de grandes áreas, que foram desmatadas, e uma complexa infraestrutura de transportes, o que causou a destruição de habitats naturais não só nas áreas de plantação, mas também ao longo de vastas áreas (FEARNSIDE, 2000).

No cerrado a expansão da soja acontece de forma significativa, com pesquisas voltadas para o seu cultivo sem a necessidade de aplicação de fertilizantes de nitrogênio. Essa prática ainda contribuiu para que o cerrado se tornasse mais atrativo para o cultivo da monocultura do que a Amazônia, levando à perdas significativas de espécies daquele bioma, uma vez que o é considerado um dos menos protegidos pela legislação (FEARNSIDE, 2000).

Mueller (1992), afirma que a expansão e a modernização conservadora da agricultura apoiada principalmente na plantação de soja, embora tenha gerado aumento da produtividade, teve efeitos ecológicos negativos. “Estes resultaram, principalmente, da mecanização, do controle químico de pragas e ervas invasoras, do intenso uso de fertilizantes inorgânicos e do uso de drogas diversas na pecuária” (p.19).

Segundo o autor, a expansão agrícola nos cerrados, com a elevada utilização de mecanização, de fertilizantes e corretivos do solo e de outros insumos químicos, gerando os seguintes impactos ambientais:

a) compactação e impermeabilização dos solos pelo uso intensivo de máquinas e equipamentos agrícolas; b) erosão - elevado o potencial de perdas de solos dos cerrados nos períodos chuvosos, especialmente quando estes são cultivados em lavouras anuais; c) contaminação por agrotóxicos - estudos em regiões que vêm utilizando há mais tempo esses insumos apontam para os problemas que os moradores dos cerrados poderão vir a experimentar nessa área; d) impactos detrimenais da retirada da vegetação nativa de áreas contínuas extensas, prática muito comum nas lavouras de soja. A fragilidade biótica dos cerrados é bem maior do que se imaginava (MUELLER, 1992, p.21).

Smith et al. (1997) pontuam impactos ecológicos no cerrado como a fragmentação e a degradação de habitats, levando a que alguns tipos de vegetação e espécies de animais se tornem raras. Ressaltam ainda as perdas e sedimentação do solo devido à monocultura, causando efeitos colaterais nos cursos d'água de forma que "drastic land use changes would also be expected to cause disruption of ecosystem functions, such as watershed protection, nutrient cycling and soil conservation" (p.33).

A fragmentação do cerrado se deu pelo intenso uso e ocupação do solo, principalmente para as atividades agrícolas. Dessa forma, a paisagem do bioma se transformou em verdadeiros mosaicos dinâmicos, isolados em que há diminuição dos remanescentes de vegetação, ameaçando cada vez mais a biodiversidade local. Estudos de Carvalho et al. (2009) apontam que as paisagens dominadas por agricultura são as que causam maior fragmentação na biodiversidade local.

Nessa perspectiva, a percepção de que impactos ambientais são provocados pela prática agrícola é bastante importante de ser analisada, uma vez que todo o processo de modernização e avanço das fronteiras – devido a uma demanda do mercado – provocam alterações de grande relevância no bioma cerrado, o que implica custos ambientais e sociais difíceis de serem mensurados e mitigados.

#### **4. Os impactos ambientais da criação de bovinos**

A criação de animais é uma das mais antigas e comuns atividades humanas de que se tem notícia. A pecuária ganhou destaque, pois conseguiu alcançar proporções globais e se tornou uma grande atividade comercial.

Ao longo da história, contribuiu significativamente no desenvolvimento humano e proporcionou considerável crescimento econômico para as nações, sendo a mais comum e generalizada forma de uso da terra no mundo. Embora seja uma importante prática, a criação de gado gera impactos diretos e indiretos em todos os sistemas ambientais, como no uso e ocupação do solo, ar, água, biodiversidade e ainda contribui significativamente para as mudanças climáticas (KAUFFMAN e PYKE, 2001; FAO, 2006).

Os principais impactos atribuídos à criação de gado estão diretamente e indiretamente relacionados ao pastejo; à produção de grãos para alimentação do gado; poluição dos solos e recursos hídricos por meio da emissão de nutrientes e resíduos orgânicos que contenham patógenos e produtos químicos; emissão de gases de efeito estufa, alguns dos quais contribuem para a mudança climática e redução da biodiversidade devido à demanda por terra para pastagem (FAO, 2006).

A pecuária e o intenso uso de pastagens em diversas partes do mundo, de maneira geral, promovem impactos ambientais significativos com a redução da densidade e biomassa de várias espécies de vegetais, propagação de espécies exóticas, diminuição da biodiversidade, desenvolvimento de doenças, alteração na distribuição e ciclagem de nutrientes, aparecimento de erosão além de contínuas mudanças nas formas de uso e ocupação do solo (KAUFFMAN e PYKE, 2000; MARTINEZ et al., 2009).

O impacto da pecuária no recurso ar está diretamente relacionado às emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE). Segundo relatório da FAO (2006), de forma global, a pecuária contribui com um valor aproximado de 18% das emissões.

Os três principais gases emitidos, apontados pelo relatório são o Dióxido de Carbono ( $\text{CO}_2$ ), o Metano ( $\text{CH}_4$ ) e o Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Do total das emissões globais de  $\text{CO}_2$ , 9% é proveniente principalmente do desmatamento e degradação das pastagens. O  $\text{CH}_4$ , contabiliza entre 35–40% de emissões provenientes principalmente da fermentação entérica e do estrume. Já o Óxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ), o mais potente dentre os três gases, tem suas emissões entre 75 – 80% só na atividade de agricultura.

Bustamente et al. (2012), buscaram estimar as emissões de gases atribuídas à criação de gado no Cerrado no período de 2003 a 2008. Assim, foram feitas associações das emissões de gases de efeito estufa ao desmatamento e queimada de biomassa subsequente; queimada para a manutenção de pastagens ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ); fermentação entérica e resíduos de gado ( $\text{CH}_4$  e  $\text{N}_2\text{O}$ ). De acordo com os autores, a emissão total de gases associada à pecuária nas regiões do cerrado variam entre 229 e 231 Mton  $\text{CO}_2\text{e}$ . A fermentação entérica do gado na região do

Cerrado corresponde a 39% das emissões de GEE do rebanho brasileiro total. Concluíram ainda que o desmatamento para a formação de novas pastagens é a atividade que mais contribuiu para as emissões de gases na região (Bustamante et al., 2012).

As tendências das emissões de gases de efeito estufa aumentam de acordo com a necessidade de produção e comercialização do gado e de carne.

Oliveira et al. (2015) realizaram projeções para os anos de 2010 a 2030 em que a quantidade de CO<sub>2</sub> equivalente emitida na produção de carne bovina na região do cerrado será de 2.6 Gt CO<sub>2</sub>e. Esta quantidade é significativa e corresponde a 9% do total de emissões nacionais, que incluem: energia, transporte, resíduos, pecuária e agricultura. Para os autores, a restauração da pastagem degradada e a diminuição do desmatamento seriam as formas mais adequadas de mitigação e redução das emissões desses gases no cerrado.

A criação de gado pode também contribuir com impactos ambientais nos recursos hídricos de forma a afetar o uso e qualidade da água, hidrologia e ecossistemas aquáticos. Como por exemplo: a crescente demanda do uso da água para produção do gado (dessedentação, abastecimento e alimentação); poluição hídrica pelos dejetos do gado, resíduos sólidos da produção pecuária, de alimentação e forragens; impactos no ciclo da água pelo uso e ocupação do solo para pastagem extensiva (FAO, 2006).

Com a lixiviação, os dejetos do gado podem ser carregados, por exemplo, para os cursos d'água, solo e até mesmo lençol freático. Dessa forma, além de macronutrientes em excesso e metais pesados, os excrementos podem conter agentes patológicos (bactérias, vírus, parasitas), pesticidas, antibióticos que poderão provocar doenças, problemas de ordem sanitária, até contaminações hídricas (FAO, 2006; MARTINEZ et al., 2009).

Os nutrientes e sedimentos provenientes da produção de gado são considerados os agentes mais poluentes dos recursos hídricos de forma que, “A pecuária é responsável por um valor estimado de 55% da erosão, 32% e 33%, respectivamente da carga de N e P despejada em água doce” (FAO, 2006, p.167).

Martinez et al. (2009), ressaltam que o estrume em excesso leva ao acúmulo de macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K), e também metais pesados tais como, cobre (Cu) e zinco (Zn), o que resulta em impactos na saúde do animal por meio do pastoreio e alimentação e na poluição do ar, água e no solo. Assim, os solos sobrecarregados de nutrientes provenientes dos esterco de gado, promovem:

Poluição da água ocorre principalmente por meio da lixiviação de nitratos aplicados em excesso de absorção da planta, enquanto a poluição atmosférica é a consequência de processos complexos, incluindo nitrificação/desnitrificação e também a discriminação e a transformação da matéria orgânica no solo. Estes, portanto, desempenham um papel importante na retenção, transformação e liberação de compostos gasosos ou solúveis. Em alguns casos, como o metano, solos podem atuar como coletor, por meio de processos de oxidação. (Martinez et al., 2009, p.5529).

Correll (1998), ao analisar taxas de nutrientes nas águas de superfície, especificamente o fósforo (P), salienta que os resíduos dos animais no campo que alcançam águas superficiais, podem causar efeitos prejudiciais, principalmente a eutrofização. A grande quantidade de P produzido nessa atividade fica retida nos sistemas aquáticos, o que aumenta as taxas de decomposição e depleção de oxigênio dissolvido. Essa condição eutrófica pode resultar na mudança de composição e diminuição da biodiversidade aquática.

Os impactos da pecuária na biodiversidade são tão importantes quanto nos demais recursos, de forma que sua perda ainda é difícil de quantificar, dada a complexidade de agentes influenciando nesse processo. Segundo o relatório da FAO (2006), na América Latina, a conversão de floresta em pasto, por exemplo, é o mais importante processo que contribui com a perda da biodiversidade da região. Para além do desmatamento, os autores ainda consideram como ameaças a plantação de grandes monoculturas de soja para a alimentação animal, introdução de forragens e plantas exóticas, o uso de práticas de queimada e intenso pastoreio do gado.

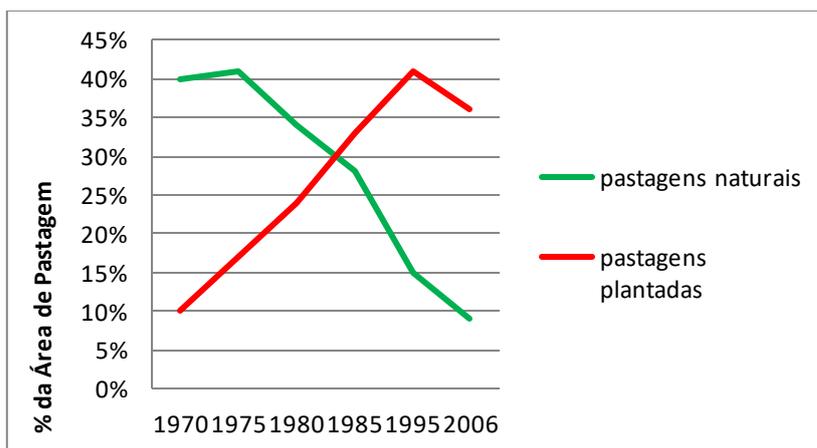
A intensidade do uso e ocupação do solo, principalmente pela criação de gado é outro fator a ser ressaltado, e que contribui de forma significativa para o aparecimento de impactos ambientais no recurso em questão.

Segundo dados da FAO (2006), a nível global, 69,5% das pastagens naturais em áreas secas são considerados como pastagens degradadas. Esse processo é considerado um importante impacto ambiental haja vista a importância do solo para o desenvolvimento humano e das atividades agrícolas. A degradação da pastagem pelo pisoteio do gado, pode significar impactos não só no solo (compactação, perda de nutrientes, fertilidade), como também na composição vegetal (diminuição de matéria orgânica, e diversidade) e na reposição, infiltração e ciclagem hídrica.

Ao longo do período de expansão agrícola, fora surgindo a necessidade de aumentar a produtividade das pastagens, a fim de que pudessem suportar uma maior quantidade de animais. A prática mais comumente utilizada foi, e por vezes ainda é, o desmatamento e a queimada.

Nessa perspectiva, as pastagens naturais foram sendo substituídas principalmente por pastagem plantada de uma gramínea exótica denominada *Brachiaria* spp. Segundo Sano et al. (2008), em Goiás, a área de pastagens cultivadas é de 45% da área estadual total (15.475.000 hectares). A figura 01 representa a substituição das pastagens nativas em Goiás.

**Figura 01** - Substituição da pastagem natural pela pastagem plantada em Goiás – 1970 a 2006.



**Fonte:** IBGE. Elaborado pela autora.

Notável o aumento da área de pastagens plantadas em Goiás, principalmente no ano de 1995, quando a substituição da pastagem natural chega a mais de 40%.

Peron e Evangelista (2004) ressaltam que aproximadamente 80% da pastagem cultivada na região do Brasil Central encontram-se em estado de degradação, processo pelo qual há uma perda significativa de sua eficiência e produtividade, perda da capacidade de recuperação e de sustento dos animais, fragilidade em relação a doenças e pragas invasoras, levando a processos de degradação acentuada dos recursos naturais.

Para os autores, são vários os fatores que podem levar a degradação da pastagem que incluem principalmente práticas antrópicas: “a escolha incorreta da espécie forrageira, a má formação inicial, a falta de adubação de manutenção e o manejo inadequado da pastagem” (PERON E EVANGELISTA, 2004, p.656). Esse impacto acomete diretamente as propriedades do solo, levando por consequência à degradação do mesmo.

Stavi et al. (2016) afirmam que, o intenso pisoteio do gado em áreas afetadas por queimadas de baixa a moderada intensidade, aumentam consideravelmente a suscetibilidade de erosão e degradação do solo. O pisoteio do gado leva à compactação, impermeabilização e exposição do solo, além da redução da cobertura vegetal.

Diante das questões observadas, é possível perceber que a pecuária é uma atividade de extrema importância econômica, cujas práticas podem resultar em impactos ambientais significativos em todos os recursos naturais. Assim, é necessário que se busque cada vez mais práticas de mitigação, aliadas ao desenvolvimento sustentável dos recursos aqui apresentados.

## **5. Os impactos socioeconômicos**

Para além dos impactos ambientais que configuraram mudanças no cerrado enquanto paisagem natural, as transformações de cunho socioeconômicas também foram percebidas e analisadas. Estes impactos se observados sobre ópticas diferentes podem ser considerados positivos e negativos, de crescimento e até mesmo de retrocesso.

Os principais impactos socioeconômicos causados pela modernização da agricultura são: êxodo rural, problemas populacionais, processo de especialização, concentração fundiária, concentração de renda, exploração da mão de obra, entre outros (HOFFMANN e KAGEYAMA, 1985; BEZERRA e CLEPS Jr., 2004; BALSAN, 2006).

Bezerra e Cleps Jr. (2004) observam que é a partir da década de 1950 que há um significativo aumento populacional na região de Goiás, chegando a 5.003.228 milhões. De modo que no nesse período a população representava 1,9% da população brasileira e no ano de 1980 chega a superar o crescimento nacional, apresentando um aumento de 3,2%.

Balsan (2006) coloca em relevo o papel da estrutura fundiária como outro fator importante de impacto, uma vez que concentra e exclui o acesso à terra aos trabalhadores rurais, ficando a propriedade privada da terra nas mãos de poucos fazendeiros.

Os fatores condicionantes que interagiram para criar o cenário do êxodo rural foram os investimentos de capitais na agricultura, crescimento de empregos nos setores da indústria, do comércio e de serviços e o aumento natural da população rural.

Dessa forma, o capital agrícola configura mudanças no setor rural, reduzindo a viabilidade de terras e de trabalho estimulando a migração. Porém, não ocorre de forma isolada, uma vez que “interage com um grande contexto de crescimento industrial e oportunidades de emprego nas áreas urbanas e um regime demográfico rural definido por um rápido crescimento natural da população” (PERZ, 2000, p.844).

Mueller e Martine (1997) consideram que esse processo de êxodo rural modificou significativamente a vida da população expulsa das áreas rurais, que se deslocou para a periferia das cidades nas áreas de modernização agrícola, e ainda que continuaram a trabalhar

de forma temporária na agricultura. Entretanto, certificam de que essa categoria de emprego temporário reduz gradativamente “[...] na medida em que a tecnificação e a mecanização representam alternativas mais atraente para os produtores modernos do que lidar com contingentes crescentemente organizados e mobilizados de trabalhadores rurais temporários” (MUELLER e MARTINE, 1997, p.101).

As características intrínsecas da modernização, principalmente a mecanização, atreladas às políticas de crédito rural e fundiária podem ser consideradas como responsáveis pelas principais desigualdades na distribuição de renda do setor agropecuário (HOFFMANN e KAGEYAMA, 1985).

Mueller e Martha Jr. (2008) vislumbram as dinâmicas sociais e suas relações com a agropecuária no cerrado, de forma a examinar o comportamento do IDH em relação à expansão demográfica nas suas zonas de cerrado. De maneira geral, os autores perceberam que a expansão de frentes de agricultura e pecuária na região estudada da zona dinâmica do Cerrado “parece ter sido fator importante em acarretar melhoras expressivas nos indicadores de desenvolvimento humano das unidades geográficas que a compõem” (p.34).

Para Mueller e Martha Jr. (2008), não se pode negar que houve desenvolvimento econômico na zona dinâmica do Cerrado, de forma que a produção e a renda crescem de maneira consistente e percebem-se mudanças setoriais visíveis.

A tabela 01 apresenta os dados do IDH e suas dimensões, do estado de Goiás em relação ao País. Em 2010, Goiás atingiu a oitava posição nacional no ranking do IDH, com índice de 0,735, valor acima do índice nacional de 0,727. As dimensões IDH-M longevidade (0,827) e educação (0,646) tiveram valores acima da média nacional. Em contrapartida, entre os anos de 2000 e 2010, o IDH não obteve aumento significativo (0,615 em 2000), uma vez que o Estado subiu apenas uma posição.

**Tabela 01** - Estado de Goiás e Brasil: Índice de Desenvolvimento Humano (M), 1991, 2000 e 2010.

	IDH-M			IDH-M Longevidade			IDH-M Educação			IDH-M Renda		
	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010	1991	2000	2010
<b>Goiás</b>	0,487	0,615	0,735	0,668	0,773	0,827	0,278	0,439	0,646	0,633	0,686	0,742
<b>Brasil</b>	0,492	0,612	0,727	0,662	0,727	0,816	0,278	0,456	0,637	0,647	0,692	0,739

**Fonte:** IMB/SEPLAN-GO, 2010.

Os autores também analisaram o IDH dessas regiões e perceberam que as mudanças foram expressivas, mas não suficientes se comparados com todo o complexo do sistema social. De sorte que:

[...] a estrutura de posse da terra, acompanhada das modestas contribuições dos surtos de crescimento sobre as atividades não-agrícolas da região, mostram que, em termos de incrementos amplamente disseminados de oportunidades de gerar ganhos de bem estar social, os impactos provavelmente foram mais modestos do que os indicados pelos índices sintéticos focalizados (MUELLER e MARTHA Jr., 2008, p.36).

O Produto Interno Bruto também sofre impactos com a modernização. Ao avaliar o papel da lavoura e da pecuária bovina no crescimento do PIB entre os anos de 1999 a 2004, Mueller e Martha Jr. (2008), apontam que o PIB real da agropecuária cresceu de forma expressiva. Diversas regiões de Cerrado tiveram incrementos significativos no PIB real *per capita* que cresceram até mais do que a respectiva população. Assim:

O momento propício para o setor agrícola nesse período possibilitou taxas consideráveis de crescimento do PIB real *per capita*, mesmo no âmbito de uma conjuntura econômica nacional pouco favorável. Por outro lado, esta agilidade de reação aos estímulos de mercados tem o potencial de gerar, em resposta a estímulos mais fortes, efeitos indesejados (MUELLER e MARTHA Jr., p.29, 2008).

Ganha destaque também o setor Industrial, que contribui com a maior dinâmica da economia goiana pela integração da agroindústria com a moderna agropecuária. Além desse fator, novas atividades industriais ganham impulso econômico se tornando importantes para o crescimento do PIB, como é o caso do automobilismo e da indústria de biocombustíveis. Porém, as atividades agrícolas ainda tem bastante peso no que se refere a constituição do poder econômico do Estado.

Para além do PIB, Balsan (2006) considera que a concentração de renda também é um reflexo do impacto da modernização, de forma que esse novo padrão de desenvolvimento econômico que inclui a exclusão do homem do campo da geração de emprego e, conseqüentemente, sua diminuição de renda, favorecendo assim aqueles com maior poder econômico.

De fato, com todo esse desenvolvimento tecnológico e processo de expansão, houve um significativo crescimento econômico das cidades envolvidas. Porém, crescimento econômico não significa necessariamente melhora de vida da população.

Nessa perspectiva, Martine (1991) argumenta que, no Brasil, é possível manter altas taxas de crescimento econômico sem que necessariamente ocorra uma melhoria na condição de vida da população como um todo, e ainda complementa que:

O modelo de modernização conservadora conseguiu transformar o aparato produtivo e alcançar expressivos níveis de crescimento do produto, mas manteve elevados níveis de pobreza absoluta, fazendo com que grande parte da população continuasse a se reproduzir em condições miseráveis, acentuando uma das distribuições de renda mais concentradas do mundo (Martine, 1991, p.33).

A modernização e as novas tecnologias forçaram milhares de famílias, trabalhadores do campo, a se instalarem nos centros urbanos e se sujeitarem a um novo padrão de vida, marginalizado e com trabalhos que não exigiam qualificação. Em contrapartida, permitiu o desenvolvimento econômico expressivo das regiões mais dinâmicas do Estado, que ganharam destaque em termos de produção, renda, investimentos e crescimento. Percebe-se que houve tanto impactos negativos quanto positivos, resultante desse processo de modernização agrícola.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGIA, RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 1. Procedimentos Metodológicos

Diante do problema da pesquisa, que é buscar entender quais os impactos ambientais que estão mais significativamente relacionados com a expansão da Fronteira Agrícola, e dos objetivos definidos para tal, foram adotados como procedimentos metodológicos, a pesquisa bibliográfica de referencial teórico, a análise documental e de dados secundários e, por fim, o estudo estatístico.

De acordo com Marconi e Lakatos (2003), “toda pesquisa implica o levantamento de dados de variadas fontes, quaisquer que sejam os métodos ou técnicas empregadas” (p.174). Assim, a pesquisa bibliográfica ou de fontes secundárias é fundamental para se ter uma abordagem teórica sólida. Abrange a literatura publicada sobre o assunto (livros, artigos científicos, jornais revistas, teses, etc.) com a finalidade de colocar o autor em contato com o estado da arte do assunto. Para as autoras, o estudo se enquadra na pesquisa de campo qualitativo-descritivas, por analisar os fatos e suas características por meio de procedimentos quantitativos.

Para a obtenção dos dados brutos da pesquisa, foi feita também a análise de documentos primários elaborados por instituições e órgãos governamentais, faculdades e institutos de pesquisa econômicas, por meio de buscas em sites e plataformas online (ex: IPEAdata, LAPIG-MAPS, entre outros). O recorte espacial da presente pesquisa é o Estado de Goiás, composto por 246 municípios. Considerou-se como recorte temporal de referência para as análises estatísticas o ano de 2006 para as variáveis ambientais, por se tratar de dados disponíveis pelo IBGE e 2010 para o índice socioeconômicos.

A partir do referencial bibliográfico e do levantamento de dados, foi possível pensar em variáveis capazes de explicar os impactos ambientais advindos da modernização agrícola. Dessa maneira foi definido assim um conjunto de 11 variáveis indicadoras de impactos

ambientais, que representariam a dimensão natural e de uso do solo. Para representar a dimensão socioeconômica, foi escolhido o Índice de Desempenho dos Municípios (IDM), por acreditar ser esse um índice que melhor representa todas as nuances dessa dimensão.

Definidas as variáveis, prosseguiu-se para a etapa de análise estatística. O método estatístico, de uma maneira geral, consiste na transformação de fenômenos sociológicos, políticos, econômicos, etc. em termos numéricos de significativa interpretação. Dessa forma, a manipulação estatística permitiu comprovar as relações dos fenômenos entre si e com outros que resultaram em generalizações sobre diversas dimensões (natureza, ocorrência ou significado) (MARCONI e LAKATOS, 2003).

São vários os tipos de estudos estatísticos, que variam de acordo com os fenômenos que se pretendem observar e explicar. Para a proposta definida pela pesquisa, foi utilizada a Análise Fatorial (AF) para a criação do Índice de impacto ambiental, e posteriormente a técnica de correlação linear para a confrontação dos dados adquiridos com o IDM e o Índice de Modernização.

Análise Fatorial com a utilização do método de extração de componentes Principais (ACP) tem com o intuito de observar se existem correlações entre o conjunto de variáveis socioambientais definidos pela pesquisa, descobrir quais podem ser mais relevantes na composição de cada fator (índice) e observar como tais fatores se correlacionam, sendo estes independentes entre si.

Dessa forma pôde-se verificar em que nível de modernização, advindos do processo histórico estudado, os impactos ambientais estão correlacionados, por meio da correlação linear. Os programas utilizados nessas etapas foram o Excel e o Software SPSS 22.0 (Statistical Package for Social Science). Após a tabulação dos dados realizou-se a especialização dos resultados obtidos em mapas, para tanto, foi utilizado o programa ArcGIS 10.4. Por fim, foram realizadas as discussões teóricas pertinentes ao fenômeno estudado.

## **2. Os indicadores ambientais**

Os Indicadores são instrumentos utilizados para apontar, anunciar e estimar informações de forma simplificada e precisa. Segundo Hammond et al. (1995) representam um modelo empírico da realidade estudada, de forma a prover um conhecimento específico e significativo de fenômenos e tendências. Para os autores, os indicadores possuem duas

características bem definidas: a de quantificar e simplificar a informação de um fenômeno complexo, facilitando seu entendimento e comunicação.

São também definidos como uma variável, a qual é uma representação de algum atributo, como característica, qualidade ou propriedade, estando relacionada com outras variáveis e não podendo ser observada ou mensurada. Contribuem com diversos tipos de estudos e facilitam o entendimento de questões relacionadas ao planejamento, tomada de decisão e desenvolvimento da sociedade (VAN BELLEN, 2005).

Os indicadores podem ser quantitativos ou qualitativos. Aqueles que se relacionam com números são derivados do monitoramento e análise de uma base de dados primários. Após a aplicação de modelos estatísticos, podem ser criados os indicadores e também agregados em forma de índices (HAMMOND et al., 1995).

Nesse sentido, as variáveis de impactos ambientais definidas pelo estudo permitirão observar suas relações com o processo de modernização agrícola. A seguir serão enumeradas as possíveis variáveis (nas dimensões natural e socioeconômica) que juntas, possam explicar os impactos ambientais elencados na literatura do processo de expansão da fronteira agrícola. Tais variáveis foram selecionadas levando em consideração a disponibilidade de dados e séries históricas armazenadas em banco de dados governamentais de diversas instituições.

### **3. Escolha das variáveis indicadoras de impactos ambientais**

Os impactos ambientais mais visíveis e com maior disponibilidade de dados são os relacionados ao solo, uma vez que o processo de expansão das fronteiras e modernização das técnicas agrícolas se intensifica devido à ocupação e uso intensivo desse recurso.

A seguir serão descritos e elencados os principais impactos ambientais que podem manter uma correlação com a modernização com a finalidade de justificar o uso de seus dados enquanto variáveis para os estudos estatísticos.

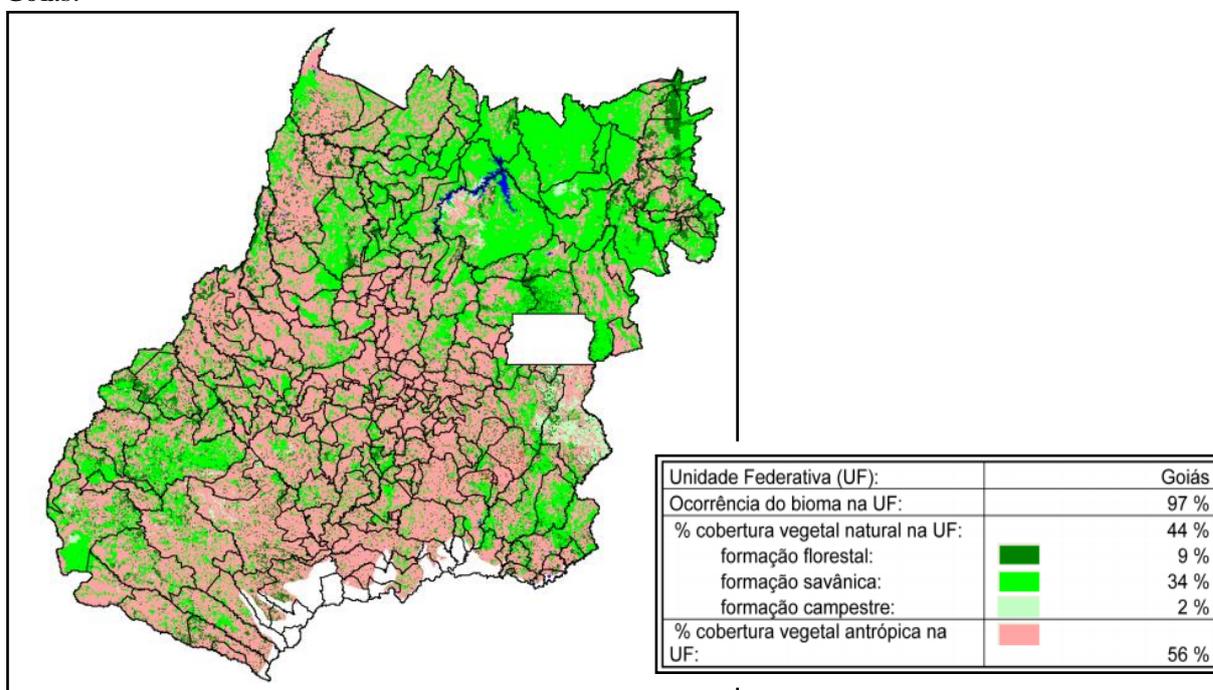
#### **3.1 Desmatamento**

O desmatamento é e sempre foi uma prática comum no Cerrado Goiano, não só no período de início de fronteira agrícola como também nas últimas décadas. A conversão da cobertura vegetal ocorre de forma contínua de acordo com a necessidade de expansão de áreas agrícolas para os diversos setores do agronegócio.

O processo de retirada da vegetação nativa, de forma aleatória e predatória, para a incorporação de atividades agrícolas foi o primeiro passo na formação de processos ambientais que resultaram numa profunda mudança da paisagem física, natural, e humana do ambiente cerrado.

Com características peculiares da sua composição natural e incentivo governamental, a rápida ocupação do cerrado gerou impacto visível na redução da cobertura vegetal, implicando assim na perda massiva de biodiversidade. Conforme apresenta Sano et al. (2008) na figura 02, no período de 2008 a área do bioma cerrado convertida para uso antrópico já chegava a 56% da área total, ultrapassando a área de cobertura natural.

**Figura 02** - Distribuição espacial de áreas com cobertura vegetal natural e antrópica no Estado de Goiás.



**Fonte:** Sano et al. (2008).

Os autores ainda afirmam que o principal argumento da expansão agrícola e consequentemente o desmatamento, foi o potencial de Goiás em se tornar o “celeiro de grãos do mundo” (p.101), em função de suas características físicas e naturais como o clima, o relevo etc. Assim, como resultado do Projeto de Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação da Biodiversidade em Goiás (PDIAP), 18% da área total do Cerrado em Goiás foi convertida em cultura agrícola e 45% da área total foi convertida em pastagens cultivadas (SANO et al., 2008).

Segundo Silva e Ferreira Jr. (2010), a taxa de desmatamento e a conversão de áreas naturais não tem um valor fixo e, conforme cresce a necessidade de novas terras, se expande para outras regiões. A taxa média de desmatamento para os anos de 2003 a 2007, nos municípios goianos foi de 1,1%, com variações de até 5,7 em algumas regiões.

Com relação à detecção de desmatamento do bioma cerrado para o período de 2002 a 2009, Rocha et al. (2011), apontam que Goiás foi o quarto estado com maior quantidade de alertas de desmatamento, abrangendo uma área desmatada de 341.200 hectares (9,32%). Quantidade considerada significativa para os pesquisadores, visto que “a supressão da vegetação já atingiu níveis preocupantes, sobretudo nas áreas mais densamente povoadas” (p.345).

Os autores ainda ressaltam que, no estado de Goiás, o desmatamento na região sudoeste está fortemente relacionado à agricultura, enquanto que no norte goiano os desmatamentos ocorrem devido à produção de carvão, extração mineral e pecuária.

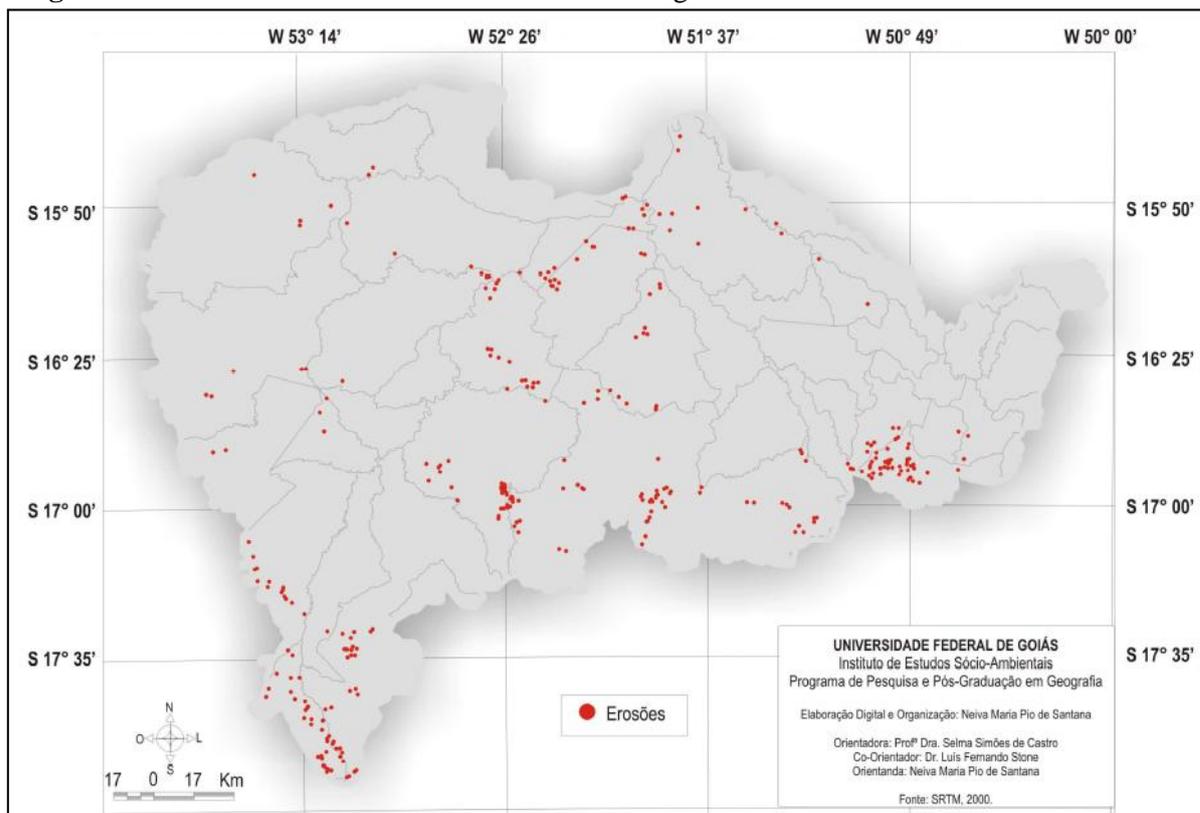
Como consequência da retirada vegetal e exposição do solo as intempéries ambientais, os processos erosivos ocorrem constantemente e podem evoluir a ponto de diminuir a qualidade do solo, a infiltração da água e a formação de grandes voçorocas.

A erosão do solo se constitui na desagregação e arraste de partículas do solo e rochas por meio da ação da água e vento. Pode ser natural (ou geológica), quando ocorre pelos fenômenos morfoclimáticos; e antrópica, quando as práticas inadequadas da agricultura, desmatamento intensivo e destruição da camada vegetal contribuem para o aumento e intensificação desse fenômeno.

O desenvolvimento de processos erosivos lineares depende de uma série de mecanismos que atuam na sua formação e evolução que variam em função dos fatores naturais e antrópicos. Esses fatores estão interligados entre si apresentando grande variabilidade espacial e temporal. Dentre os principais fatores que influenciam no processo erosivo destacam-se: a chuva, a topografia, o solo, a cobertura vegetal e a ação antrópica (SANTANA et al., 2007).

Estudos sobre processos erosivos e suscetibilidade do solo a erosão são importantes para observar a evolução das consequências da ocupação do homem nas áreas do cerrado. Dessa forma em suas pesquisas, Santana et al. (2007) apresentam um mapeamento das erosões (Figura 03) na Alta Bacia do Rio Araguaia que abrange o Sudoeste do Estado, e como visto anteriormente, área de alta ocupação e com visível mudança na cobertura vegetal devido às atividades existentes, principalmente a pecuária.

**Figura 03** - Ocorrências erosivas na Alta Bacia do Araguaia Goiás – GO.



**Fonte:** Santana (2007).

Os pesquisadores encontraram 304 feições erosivas na área, porém acredita-se que possam ser em números maiores e que não foram detectadas pelas imagens do satélite LANDSAT ETM. Considera-se também uma área crítica por apresentar inúmeras erosões do tipo voçorocas, de grande porte e com grande potencial de degradação. Concluem que para além da natural suscetibilidade da área, o uso indiscriminado da terra contribui veementemente para a presença desses processos.

Outro impacto importante e que pode ser citado, como também consequente do processo de desmatamento, é o aparecimento da arenização, que ocorre com maior intensidade em algumas regiões.

A degradação do solo, o manejo intenso e práticas convencionais, bem como a ocupação já citada, provocam a exposição do solo, e consequentemente, aparecimento de erosões, que diminuem a capacidade produtiva do solo e dificulta a fixação da vegetação. Com a intensificação, podem levar a formação de ravinas, voçorocas e areais (SCOPEL, et al., 2010).

Para Scopel et al. (2010), as áreas do cerrado Goiano não estão relacionadas a ocorrências naturais da formação de areais, e sim entre o manejo inadequado do solo

acrescido de fragilidade potencial das áreas. Assim, com a atuação dos fatores climáticos como a temperatura e a distribuição das chuvas, o processo de degradação do solo, já exposto pela retirada da vegetação, é intensificado.

Dado o avanço das atividades agrícolas e de ocupação do solo, com alta supressão, perdas consideráveis de vegetação natural do cerrado, aparecimento de voçorocas e arenização, deve-se considerar a variável desmatamento enquanto indicador de impacto ambiental.

Os dados de desmatamento foram levantados a partir da plataforma LAPIG MAPS (Laboratório de processamento de Imagens da Universidade Federal de Goiás). São dados de desmatamentos ocorridos no bioma Cerrado em todos os municípios do Estado de Goiás no período de 2006, produzidos a partir de imagens MODIS (MOD13Q1). Foram utilizadas imagens LANDSAT e CBERS para sua validação, cuja escala é de 1:250.000.

### 3.2 Queimada

O fogo possui papel importante de renovação no ecossistema. Porém se utilizado de forma intensa e predatória – como ocorre com o desmatamento – podem gerar impactos adversos para o meio ambiente, como a perda da biodiversidade, emissão de gases nocivos à atmosfera, perda de cobertura vegetal e a degradação do solo.

Os ecossistemas mundiais são classificados por Hardesty et al. (2005), quanto ao regime de fogo em três categorias:

1. Dependentes/influenciados pelo fogo são aqueles que estão adaptados às queimadas, seja por causa natural ou antrópica, e, cuja prática é fundamental para manter a vida de plantas nativas e animais;
2. Sensíveis ao fogo são aqueles ecossistemas em que não há adaptação e resposta positiva ao fogo. Geralmente são características de áreas frias e úmidas e que inibem o início da queimada natural;
3. Independentes do fogo são ecossistemas em que, pela quantidade de vegetação e falta de condições para o início natural do fogo, seu papel é pequeno e até mesmo desnecessário;

Dentro dessa classificação, o cerrado é considerado um ecossistema dependente/influenciado pelo fogo. Isso ocorre, pois a queimada permite a quebra da

dormência de várias espécies, levando ao brotamento, floração de espécies herbáceas e aumenta também a produção de frutos e sementes.

A ocorrência das queimadas pode ser tanto natural quanto antrópica. A primeira acontece devido a período propício á formação de raios na região dos cerrados que provocam naturalmente o início do fogo, levando a renovação natural da vegetação. A segunda está relacionada às práticas humanas, que ocorrem principalmente no período seco e muitas vezes sem controle, com finalidade principalmente de manejo do solo de acordo com sua necessidade (MMA, 2011; PIVELLO, 2011).

A causa mais comum das queimadas, entretanto, é o uso indevido do fogo. Geralmente a retirada de vegetação natural para a plantação de culturas e pastagem, para realizar o deslocamento do cultivo, para queimar os resíduos ou para estimular o crescimento de grama para alimentar o gado na época da seca, são práticas muito comuns de uso e manuseio do fogo (PIVELLO, 2011).

Os impactos das queimadas, causadas pelo manejo incorreto podem ser diversos, incluindo danos à biodiversidade, compactação, erosão e até mesmo empobrecimento do solo, recursos hídricos, instalações e cultivos agrícolas e também a saúde humana (MMA,2011; PIVELLO, 2011; ARAÚJO et al., 2012).

A utilização do fogo no cerrado, como instrumento de manejo da vegetação remonta a épocas antigas e ganha notáveis proporções com a vinda dos colonizadores para a região, e se intensifica com a expansão da fronteira agrícola. A prática da queimada passa então a ser constante para a preparação da terra e renovação de pastagens, estimulando a rebrota (PIVELLO, 2011; ARAÚJO et al., 2012)

Em estudo relacionado aos padrões de distribuição da área queimada nos Biomas Brasileiros entre o período de 2002 a 2010, Araújo et al. (2012) confirmaram que o Cerrado se destacou em primeiro lugar com uma concentração de área queimada de aproximadamente 73%. Para além desse fato, grande parte da área queimada anualmente no bioma cerrado se dá em remanescentes de vegetação, prática associada à expansão de terras para agropecuária.

A Região Centro-Norte de Goiás, por conter maiores proporções de remanescentes de vegetação natural e aumento da área antropizada, foi considerada a mais afetada pelas queimadas, enquanto na região Sul, índices menores foram detectados. Em termos de Unidade de Conservação, também foram observadas áreas queimadas (ARAÚJO et al., 2012).

Vale ressaltar que, de acordo com os pesquisadores, a ocorrência de queimadas no cerrado é sazonal, devido ao clima seco e à quantidade de biomassa inflamável em

determinados períodos do ano. Em 2010, os pesquisadores detectaram a maior quantidade de pontos de queimadas no bioma, sendo um total de 19,121 km<sup>2</sup> (10%) de área queimada de pastagem e 11,335km<sup>2</sup> (6%) de agricultura (ARAÚJO et al., 2012).

Nessa perspectiva, a extensão de áreas afetadas pelo fogo pode ser utilizada como indicador de impacto ambiental advindo do avanço das atividades antrópicas no cerrado, mais precisamente com a intensificação do uso do solo.

O levantamento dos dados de áreas queimadas nos municípios de Goiás foi feito na plataforma LAPIG MAPS. São valores de áreas com ocorrência de queimadas no período de 2006, produzidos a partir de imagens MODIS (MCD45A1), cuja escala é de 1:250.000.

### 3.3 Uso do solo

A categoria uso do solo está diretamente relacionada à forma como o recurso natural é utilizado durante o processo de modernização. A pressão causada pelos diferentes usos da terra promoverá maior ou menor grau de impacto ambiental.

Assim, variáveis referentes à utilização de terras são importantes por trazerem informações acerca dos padrões e tendências de uso, que contribuem de forma significativa para a análise dos impactos nos recursos naturais. Tais dados podem ser usados como indicadores de pressão sobre o recurso solo devido a disputas e conflitos pelo seu uso.

De acordo com o IBGE (2004), as pressões no Brasil em relação ao uso de terras ocorrem de duas formas antagônicas. Por um lado, existem as pressões pela expansão da fronteira agrícola (principalmente no Cerrado), que causam inúmeros impactos ambientais, e por outro, o aumento da proteção de áreas nativas, degradadas, destinados à recuperação e preservação legal.

Nas análises de impacto da dinâmica de uso do solo pelas atividades agropecuárias de Abdala (2012), a pecuária bovina foi considerada a mais expressiva, ocupando 77% da área agropecuária de Goiás. Na agricultura, soja e milho foram as produções que ocuparam 63% da agricultura temporária, ao longo dos períodos de 2000 a 2010.

O autor ainda aponta que a bovinocultura é uma atividade que encontra-se espacializada em aproximadamente 177 municípios, de forma que, “para esses municípios, a principal categoria que as pastagens substituem é a de remanescentes de Cerrado, seguidas das de soja e cana de açúcar [...]” (p.155), podendo indicar que as áreas aptas para bovinocultura apresentam menor aptidão para as demais (ABDALA 2012).

Dentro dessa perspectiva, são elencadas as variáveis da categoria de uso do solo que mais possam estar relacionadas aos impactos ambientais apresentados, sendo elas:

- Área do estabelecimento total: Tamanho total do estabelecimento rural. Para a utilização desses dados foram divididos a área do estabelecimento pela extensão do município;
- Lavouras permanentes: área destinada ao plantio de culturas de longa duração e que após a colheita continua produzindo por períodos consecutivos;
- Lavouras temporárias: áreas para a plantação de culturas com curta duração, e que produzem uma vez a cada colheita, sendo necessário o replantio;
- Pastagem natural: áreas de pasto não plantado, destinados ao pastoreio de animais;
- Pastagem plantada: áreas destinadas ao pastoreio de animais que foram modificadas com o plantio de espécies de gramíneas específicas e que recebem manutenção frequente;
- Matas naturais: áreas com matas que são utilizadas para atividades de extração vegetal, e mesmo pastoreio de animais, mas que tenham suas características preservadas;
- Pastagem Plantada Degradada: compreendem áreas plantadas com espécies vegetais destinadas ao pastoreio de animais e que, pela falta de conservação e problemas no manejo foram degradadas;
- Matas/Florestas preservadas: São áreas destinadas a preservação permanente ou reserva legal, com fins de proteção ambiental, estudos científicos etc;
- Efetivo do rebanho bovino: quantidade total de animais (bois e vacas) dos estabelecimentos que possuíam mais de 50 cabeças;

Os dados foram compilados do censo agropecuário do ano de 2006. Estão disponíveis nos sites do IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), do IMB (Instituto Mauro Borges) e do IPEADData (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada).

#### **4. O Índice de Desempenho dos Municípios (IDM) e o Índice de Modernização Agrícola**

A dimensão socioeconômica envolve as mudanças pelas quais a sociedade tem passado devido ao processo histórico de ocupação do território tal qual aconteceu. O desenvolvimento econômico, bastante destacado quando o assunto modernização está em evidência, reflete efetivas mudanças estruturais no que tange o governo, as relações políticas, do trabalho e a maneira como vive a população.

Nessa perspectiva, adotou-se o Índice de Desempenho dos Municípios (IDM) como o indicador pelo fato de que apresenta características sólidas e consistentes acerca do objeto estudado, e por englobar de forma completa as principais dimensões socioeconômicas.

O IDM é definido como uma “medida descritiva sintética do desempenho dos municípios em seis áreas: economia, trabalho, infraestrutura, saúde, educação e segurança pública” (SEGPLAN, 2013). Assim, tem como objetivo descrever, de forma quantitativa e por meio de indicadores, o contexto socioeconômico dos municípios.

O referido índice é composto por 34 variáveis distribuídas em seis dimensões principais. Todas com a mesma importância (peso) em sua composição. São elas: Economia (Valor Adicionado da Agropecuária; Valor Adicionado da indústria; Valor Adicionado de Serviço; PIB *per capita*; Evolução do PIB; Arrecadação própria); Trabalho (Taxa de empregos formais da população economicamente ativa; Remuneração Média dos empregos formais; Nível de escolaridade dos trabalhadores do mercado formal; Variação do número de empregos formais nos dois últimos anos); Educação (Taxa de atendimento da população de 4 a 17 anos 2; Existência de dependências pedagógicas nas escolas e infraestrutura básica; Taxa de professores com formação superior e licenciatura 4. Índice de Desenvolvimento da Educação Básica); Segurança (Número de crimes contra a dignidade sexual; Número de crimes contra a pessoa; Número de crimes contra o patrimônio; Número de contravenções penais; Número de crimes relacionados ao tráfico de drogas; Número de violações do Estatuto da Criança e do Adolescente; Número de crimes contra o meio ambiente); Infraestrutura (Número de ligações domiciliares à rede geral ou pluvial de esgoto; Número de ligações domiciliares à rede de água; Número de ligações domiciliares à rede de energia elétrica; Número de domicílios com acesso a telefone fixo e/ou internet; Rodovias; Outras modalidades logísticas como ferrovias, aeródromo, hidrovias/portos); e Saúde (Número de leitos hospitalares por mil habitantes na rede SUS; Número de médicos por mil habitantes;

Proporção de gestantes com acompanhamento pré-natal; Taxa de cobertura – Estratégia Saúde da Família; Taxa de cobertura – ESF – Saúde Bucal; Taxa de mortalidade infantil; Proporção de mortalidade por causas externas).

Para que se tornasse possível a análise entre o índice de impactos ambientais com a modernização agrícola em Goiás, tomou-se como referência o Índice de Modernização de Santos (2010).

Por meio da Análise fatorial, o autor criou um índice referente ao processo de modernização agrícola em Goiás, para uma série histórica que abrange os anos de 1970, 1975, 1980, 1985, 1995 e 2006. Para a análise de correlação, optou-se pela escolha do ano de 2006.

O índice de modernização foi criado a partir de 10 variáveis indicadoras de mudanças nos padrões tecnológicos. São elas: INV (expressa os investimentos totais na agropecuária por 1000 hectares de lavoura e pastagem); LOT ( número de bovinos por hectare de pastagem); TRAT ( número de tratores existentes por cada 1000 hectares de lavouras e pastagem); PESS (pessoal ocupado na agropecuária por 1000 hectares de lavoura e pastagem); REC (referente as receitas da agropecuária por cada 1000 hectares de lavoura e pastagem); DESP ( referente as despesas por cada 1000 hectares de lavoura e pastagem); VPROD ( valor da produção agropecuária para cada 1000 hectares); MEST (média do tamanho dos estabelecimentos agropecuários ocupados com lavoura e pastagem); LAV (porcentagem das terras utilizadas para lavoura); e, por fim, a variável PASTF (porcentagem da pastagem formada nos municípios em relação ao total de pastagem).

## **5. As Análises estatísticas**

As análises estatísticas são bastante utilizadas para determinação e interpretação de dados ambientais, estudo de variáveis e criação de índices de qualidade e degradação ambiental, sustentabilidade, etc. Bollman e Marques (2000) afirmam que dentre os métodos estatísticos mais utilizados estão: a Análise da Matriz de Correlação (MC), Análise de Componentes Principais (ACP), Análise Fatorial (AF) e a aplicação de procedimentos de Classificação Não Paramétricos (CNP).

O uso de análises multivariadas, principalmente das técnicas de Análise Fatorial e Análise de Componentes Principais são os que mais atendem aos objetivos propostos pelos autores em suas pesquisas relacionadas ao tratamento de variáveis ambientais e construções

de índices que refletem o estado do meio ambiente. Nota-se o uso de tais técnicas nos trabalhos de Cunha et al. (2008); Andrade et al. (2007); Pais et al. (2012) e Recatalá e Sacristán (2014).

### 5.1 Análise Fatorial

A análise multivariada consiste em métodos estatísticos desenvolvidos para obter informações a partir dos dados coletados de diversas variáveis com o intuito de compreender e estabelecer as possíveis relações existentes entre elas. Esses métodos estatísticos analisam simultaneamente várias medidas sobre o objeto investigado. Assim, “qualquer análise simultânea de mais de duas variáveis de certo modo pode ser considerada análise multivariada” (HAIR et al., 2005, p.26).

Os principais objetivos apontados por Ferreira (1996) deste tipo de análises são: redução de dados e simplificação da estrutura; ordenação e agrupamento de variáveis baseado em seus dados; estudo da dependência entre as variáveis; análises que levam a predições de fenômenos a partir de dados observados; construção de testes e hipóteses.

A Análise Fatorial (AF) é uma técnica de análise multivariada, composta por um conjunto de métodos estatísticos relacionados que analisam a inter-relação entre as variáveis originais, gerando um novo grupo de variáveis ou dimensões latentes comuns, conhecidos como fatores ou componentes (HAIR et al., 2005). O interessante desta técnica é que todas as variáveis são consideradas simultaneamente para a análise e a partir daí pode-se determinar o grau em que cada variável pode ser explicada por cada dimensão.

Por se tratar de uma técnica de interdependência em que todas as variáveis são simultaneamente consideradas, cada uma estará correlacionada com todas as demais, de maneira que os fatores formados contribuem para aumentar o poder de explicação do conjunto inteiro de variáveis (HAIR et al., 2005). Uma vez que as variáveis elencadas para esse estudo são consideradas interdependentes e que sozinhas não conseguem explicar o processo de impacto ambiental advindo da modernização agrícola.

Nesse contexto de resumo de dados, [...] a análise fatorial fornece ao pesquisador uma clara compreensão sobre quais variáveis podem atuar juntas e quantas variáveis podem se consideradas como tendo impacto na análise” (HAIR et al., 2005, p.95).

A análise fatorial é realizada basicamente em três estágios, sendo o primeiro passo a verificação da adequabilidade da base de dados, o segundo que consiste na determinação da

técnica de extração e do número de fatores e o terceiro estágio que se refere à rotação dos fatores (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JR, 2010).

A base de dados foi organizada a partir de dados secundários dos Municípios Goianos, relativos aos indicadores ambientais de forma a buscar a comunalidade entre tais variáveis.

A partir daí iniciou-se a etapa de verificação da adequabilidade desses dados. O primeiro passo foi o cálculo dos dados de entrada da matriz de correlação, que nada mais é do que uma tabela que demonstra as intercorrelações entre todas as variáveis. A matriz de correlação pode ser calculada por meio de duas abordagens: a análise fatorial do tipo R ou do tipo Q. Na primeira, obtêm-se a matriz por meio do cálculo entre as variáveis, na segunda, tem-se um resultado cuja matriz fatorial identificaria indivíduos (HAIR et al., 2005). No presente estudo utilizou-se a análise fatorial do tipo R por se tratar do agrupamento de variáveis.

Para justificar a aplicação da AF, é preciso que a matriz de dados tenha correlações suficientes. De acordo com Hair et al. (2005), a inspeção visual dos valores deve revelar um número substancial de correlações maiores que 0,30, caso contrário é considerada inapropriada.

Outra forma de analisar a adequabilidade da AF foram o teste Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) e o Teste de Esfericidade de Bartlett's. Estes testes indicam o grau de ajuste dos dados à Análise Fatorial, ou seja, se as variáveis podem ou não serem utilizadas.

O KMO é uma medida de adequação da amostra, que quantifica o grau de intercorrelações das variáveis e a adequação das mesmas à análise fatorial. Os valores variam de 0 a 1, de forma que valores acima de 0,80 são considerados ótimos, acima de 0,7 mediano, maiores que 0,6 medíocre e valores menores que 0,5 indicam inadequação dos dados para o método. Já o teste de Bartlett's "fornece a probabilidade estatística de que a matriz de correlação tenha correlações significativas entre pelo menos algumas variáveis" (p.98). Para os autores o valor de 0,05 já é aceitável para se inferir que a matriz de correlações não seja uma matriz de identidade, e que as variáveis estão correlacionadas significativamente (HAIR et al., 2005).

Após essa etapa de verificação dos dados, seguiu-se para a fase de extração dos fatores. O objetivo dessa etapa é determinar "a quantidade de fatores que melhor representa o padrão de correlação entre as variáveis observadas" (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JR, 2010, p.168).

A técnica escolhida para a extração de fatores foi a análise de componentes principais (ACP), cujo objetivo é retirar as informações importantes da base de dados e simplificar essas informações em um conjunto de novas variáveis ortogonais chamadas de componentes principais (ABDI e WILLIAMS, 2010).

Na ACP é importante que se identifique um número mínimo de fatores que permita explicar ao máximo a variância total da amostra. Figueiredo Filho e Silva Jr.(2010) afirmam que não existe um consenso que define quantos fatores devem ser extraídos, mas que pode-se utilizar métodos para auxiliar na tomada de decisão, como por exemplo a regra do *eigenvalue*<sup>4</sup>, em que os fatores a serem extraídos devem ter valores acima de 1, uma vez que fatores com baixo *eigenvalue* indicam pouca contribuição na explicação da variância. Outro critério auxiliar é *Scree test*, que identifica, por meio do gráfico das raízes latentes um número ótimo de fatores a serem extraídos. Para isso, “deve analisar graficamente a dispersão do número de fatores até que a curva da variância individual de cada fator se torne horizontal ou sofra uma queda abrupta” (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JR, 2010, p.168).

O critério de percentagem de variância acumulada foi também utilizado para a definição dos fatores extraídos na análise. Esse critério tem como finalidade garantir uma significância prática para os fatores, de forma que seja observada a variância acumulada total. Geralmente considera-se 60% de variância acumulada como um valor aceitável (HAIR et al., 2005).

Para completar a análise fatorial, após a extração foi realizada a rotação e interpretação dos fatores. No primeiro momento tem-se uma matriz fatorial não rotacionada, que indicará de forma preliminar o número de fatores a serem extraídos. Segundo com Hair et al. (2005), essa primeira matriz atingem apenas o objetivo de redução de dados e não fornece informações necessárias à adequada interpretação das cargas fatoriais, que indicam o nível de correspondência entre a variável e o fator. Assim, foi realizada a rotação de fatores com o intuito de simplificar as soluções fatoriais e torná-las mais significativas.

Com a rotação da matriz fatorial, o primeiro fator tende a ser geral em que as variáveis possuem carga significativa e explicam a maior quantidade de variância, enquanto que o segundo e demais fatores se baseiam na quantia residual de variância. São dois os tipos de rotação a ortogonal e a oblíqua (HAIR et al., 2005).

---

<sup>4</sup> *Eigenvalue* ou critério da raiz latente significa que qualquer fator individual deve explicar a variância de pelo menos uma variável, contribuindo com um valor 1 do auto valor total (HAIR et al., 2005).

A rotação ortogonal consiste na extração de fatores “de modo que seus eixos sejam mantidos em 90 graus. Cada fator é independente, ou ortogonal, em relação a todos os outros. A correlação entre os fatores é determinada como 0” (HAIR et al., 2005, p.91).

Dentre os tipos de rotações ortogonais, a Varimax é a mais comumente utilizada, e se dá pela simplificação das colunas da matriz fatorial, fornecendo uma separação mais clara dos fatores. Hair et al. (2005) afirmam que a interpretação das correlações entre variável-fator sejam mais fáceis, quando: “(1) próximas de +1 ou -1, indicando assim uma clara associação positiva ou negativa entre a variável e o fator; ou (2) próximas de 0, apontando para uma clara falta de associação” (p.106). Ainda de acordo com os autores, para amostras com menos de 100 variáveis, a menor carga fatorial considerada como significante deve ser de mais ou menos 0,30.

Após a rotação da matriz fatorial, foi possível realizar a interpretação dos dados. Pelo fato de se observar dois conjuntos de variáveis, a análise fatorial foi realizada em dois momentos no primeiro momento utilizando os dados da dimensão ambiental e no segundo momento para os dados socioeconômicos.

Com a análise fatorial, foram extraídos dois fatores principais para o conjunto de dados. A próxima etapa então foi calcular os *scores* fatoriais para cada município, fazer a normalização e por fim a espacialização desses valores atribuídos no mapa do Estado de Goiás.

Para calcular os *scores* fatoriais, foi utilizada a fórmula:

$$F = \sum_i^n \alpha_i x_i$$

Onde  $\alpha_i$  são os coeficientes da matriz de componentes e  $x_i$  são os valores obtidos em cada variável.

De posse dos *scores* individuais, foi feita a normalização dos resultados a fim de que se colocassem os resultados em uma mesma faixa de valores, comumente entre 0 (zero) e 1(um). Para a normalização foi utilizada a fórmula:

$$F^* = \frac{F_j - \min(F_j)}{\max(F_j) - \min(F_j)}, \text{ onde } F_j \text{ corresponde aos } \textit{scores} \text{ de cada fator.}$$

O resultado dessas análises permitiu então que se fizesse a correlação entre o os impactos ambientais da fronteira agrícola, o Índice de Desempenho dos Municípios e o Índice de Modernização.

## 5.2 Análise de correlação linear.

Para a análise da correlação entre as variáveis desse estudo, foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson ( $r$ ), que nada mais é do que uma medida de associação linear. De acordo com Moore (2010), “the correlation measures the direction and strength of the linear relationship between two quantitative variables” (p.105).

Dizer que as variáveis estão associadas estatisticamente é afirmar que:

[...] elas guardam semelhanças na distribuição dos seus *scores*. Mais precisamente, elas podem se associar a partir da distribuição das frequências ou pelo compartilhamento de variância. No caso da correlação de Pearson ( $r$ ) vale esse último parâmetro, ou seja, ele é uma medida da variância compartilhada entre duas variáveis (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JR., 2009, p.118).

Essa relação entre as variáveis pode produzir valores de  $r$  positivo de forma que as associações serão positivas e diretas e  $r$  negativo, produzindo associações indiretas. Esse modelo pressupõe que o aumento ou decréscimo da variável  $x$ , gera o mesmo comportamento na variável  $y$  (FIGUEIREDO FILHO e SILVA JR., 2009).

O valor da correlação linear é sempre um número entre -1 e 1. Nesse sentido, valores de  $r$  próximos de 0 indicam uma relação linear muito fraca. A medida que os valores vão se aproximando de 1, positivo ou negativo, as correlações vão se tornando mais fortes, robustas (MOORE, 2010).

O teste de significância também é aplicado a fim de que se rejeite a hipótese nula ( $H_0$ ), de forma que altos valores demonstram que os dados não são consistentes. O *p-value* para ser significativo e indicar dados consistentes é  $< 0,05$ .

Após a descrição dos métodos estatísticos a serem utilizados pela pesquisa, serão apresentados os resultados das análises e as respectivas discussões.

## 6. Resultado e discussão

A análise fatorial foi realizada de forma a permitir uma observação minuciosa dos indicadores de impacto ambiental elencados nessa pesquisa, composto inicialmente por 11 variáveis.

O quadro 01 apresenta o resumo de todas as variáveis selecionadas para os estudos estatísticos.

**Quadro 01** – Relação das variáveis escolhidas para a análise, ano e base de dados.

<b>VARIÁVEL</b>	<b>ANO</b>	<b>BASE DE DADOS</b>
Área estabelecimento	2006	IBGE/IPEADATA
Lavouras Permanentes	2006	IBGE/IPEADATA
Lavouras Temporárias	2006	IBGE/IPEADATA
Pastagem Natural	2006	IBGE/IPEADATA
Pastagem Plantada	2006	IBGE/IPEADATA
Matas Naturais	2006	IBGE/IPEADATA
Pastagem Plantada Degradada	2006	IBGE/IPEADATA
Matas/ Florestas Preservadas	2006	IBGE/IPEADATA
Efetivo do rebanho bovino	2006	IBGE/IPEADATA
Desmatamento	2006	LAPIGMAPS
Queimada	2006	LAPIGMAPS
IDM	2010	SEGPLAN/IMB

Fonte: Dados da pesquisa.

As variáveis ambientais foram primeiramente submetidas aos testes de adequação da amostra, para verificar a viabilidade da análise fatorial. O primeiro passo é a inspeção visual da matriz de correlação. Seguindo as especificações de Hair et al. (2005), a maioria das correlações devem superar 0,30. Ao observar a matriz de correlações das 11 variáveis (tabela

03), as correlações da variável Queimada e Área do Estabelecimento são muito baixas, permitindo inferir que estas podem não ter contribuições significativas na análise dos fatores.

**Tabela 02 - Matriz de Correlação para as 11 variáveis ambientais iniciais.**

Correlation	Área estabelecimento	Lavouras Permanentes	Lavouras Temporárias	Pastagem Natural	Pastagem Plantada	Matas Naturais	Pastagem Plantada Degradada	Matas/ Florestas Preservadas	Desmatamento	Queimada	Efetivo do rebanho bovino
Área estabelecimento	1,000										
Lavouras Permanentes	-,143	1,000									
Lavouras Temporárias	-,059	,351	1,000								
Pastagem Natural	-,152	,395	,301	1,000							
Pastagem Plantada	,154	,192	,263	,394	1,000						
Matas Naturais	,051	,241	,380	,669	,862	1,000					
Pastagem Plantada Degradada	,054	,146	,246	,323	,747	,696	1,000				
Matas/ Florestas Preservadas	,096	,221	,410	,607	,901	,972	,700	1,000			
Desmatamento	-,067	,334	,241	,346	,485	,549	,407	,505	1,000		
Queimada	,045	,096	,100	,172	,104	,186	,114	,152	,214	1,000	
Efetivo do rebanho bovino	,098	,292	,348	,379	,945	,799	,699	,846	,453	,101	1,000

Fonte: Dados da pesquisa.

A baixa correlação da Queimada com as outras variáveis, no estado de Goiás, deve ser resultado de um processo mais antigo de ocupação do seu território. A expansão de fronteiras no Brasil tende a ocorrer no sentido Sul-Norte e Leste-Oeste, sendo Goiás uma das primeiras áreas do cerrado que sofreram o impacto das diferentes etapas dessa expansão. Como afirmam Araújo et al. (2012), “In the Cerrado, the main agricultural frontier of the country, the prevalence of fires over remnant vegetation is associated with the still very active and significant clearings” (p. 1939). Dessa forma, em Goiás as queimadas tendem a ter uma distribuição mais dispersa, o que leva a esta baixa correlação com as demais variáveis.

Figueiredo Filho e Silva Jr (2010) afirmam que dependendo das correlações observadas, é possível excluir uma ou mais variáveis. Isso ocorre, pois a análise fatorial depende do padrão de correlação entre essas variáveis, assim, variáveis estatisticamente independentes não contribuem para a construção de um fator comum. Porém, antes de se optar por excluir as variáveis é necessário que se analise o nível de associação com o fator extraído, por meio das comunalidades.

Assim, ao verificar o índice de extração das comunalidades, tanto a variável área do Estabelecimento, quanto Queimada apresentaram valores significativos e acima do aceitável, sendo 55 e 89%, respectivamente. Porém, analisando a matriz de componentes para esse conjunto de dados, verificou-se que a variável Queimada contribui sozinha e de forma significativa para a formação do terceiro fator (0,93).

Por se tratar de uma redução de dados, de forma que seja percebida uma relação das variáveis na construção de uma observação do todo, ter uma única variável em um fator não é interessante. Nesse sentido, optou-se por retirar a variável em questão.

Rodando os dados sem a variável Queimada, a nova matriz de correlação ainda apresenta mais de 50% dos valores acima de 0,30 (tabela 04), o que permite uma base mais eficiente para continuar a análise de adequabilidade da amostra. Dessa forma, optou-se por seguir a AF com o novo conjunto de 10 variáveis.

**Tabela 03** - Matriz de Correlação para 10 variáveis.

	Área estabelecimento	Lavouras Permanentes	Lavouras Temporárias	Pastagem Natural	Pastagem Plantada	Matas Naturais	Pastagem Plantada Degradada	Matas/ Florestas Preservadas	Desmatamento	Efetivo do rebanho bovino
Correlation	1,000									
Área estabelecimento		1,000								
Lavouras Permanentes	-,143		1,000							
Lavouras Temporárias	-,059	,351		1,000						
Pastagem Natural	-,152	,395	,301		1,000					
Pastagem Plantada	,154	,192	,263	,394		1,000				
Matas Naturais	,051	,241	,380	,669	,862		1,000			
Pastagem Plantada Degradada	,054	,146	,246	,323	,747	,696		1,000		
Matas/ Florestas Preservadas	,096	,221	,410	,607	,901	,972	,700		1,000	
Desmatamento	-,067	,334	,241	,346	,485	,549	,407	,505		1,000
Efetivo do rebanho bovino	,098	,292	,348	,379	,945	,799	,699	,846	,453	

**Fonte:** Dados da pesquisa.

O próximo passo foi avaliar a significância da matriz geral de correlação, para o novo conjunto de 10 variáveis. O teste de esfericidade de Bartlett apresentou um valor de  $p < 0,000$ , significativo, enquanto que para o KMO foi de 0,806, considerado um valor ótimo, uma vez que o patamar aceitável é de 0,60 (tabela 05).

**Tabela 04** – Teste KMO e Teste de Esfericidade de Bartlett.

Kaiser-Meyer-Olkin		0,806
Bartlett's	Approx. Chi-	2145,307
Test of	df	45
Sphericity	Sig.	0,000

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Esses valores permitem inferir que os dados são adequados para prosseguir com a análise fatorial. A próxima etapa foi definir os componentes que serão extraídos pela ACP, por meio da tabela de autovalores (tabela 06).

**Tabela 05** – Valores de Eigenvalues (raiz latente) e da variância acumulada para os componentes extraídos.

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5,216	52,164	52,164	5,216	52,164	52,164
2	1,425	14,253	66,417	1,425	14,253	66,417
3	0,873	8,731	75,148			
4	0,721	7,210	82,358			
5	0,687	6,868	89,226			
6	0,557	5,573	94,799			
7	0,349	3,494	98,293			
8	0,120	1,196	99,490			
9	0,031	0,315	99,805			
10	0,020	0,195	100,000			

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Pelo critério da raiz latente, os dois primeiros fatores apresentam *eigenvalues* acima de 1, sendo o primeiro de 5,216 com 52,1% da variância e o segundo com autovalor de 1,42, com cerca de 14,253% de variância. Ao observar os componentes extraídos, pode-se perceber que esses dois componentes juntos explicam aproximadamente 65% da variância acumulada das variáveis originais, um valor percentual aceitável para a análise.

As comunalidades, representada pela tabela 07, demonstram a quantidade de variância em uma variável que é explicada pelos dois fatores extraídos. “O tamanho da comunalidade é um índice útil para avaliar o quanto de variância em uma dada variável é explicado pela solução fatorial” (HAIR et al., 2005p.117).

**Tabela 06** – Valores de comunalidades existentes entre as variáveis.

	Initial	Extraction
Área estabelecimento	1,00	0,44
Lavouras Permanentes	1,00	0,57
Lavouras Temporárias	1,00	0,38
Pastagem Natural	1,00	0,57
Pastagem Plantada	1,00	0,92
Matas Naturais	1,00	0,91
Pastagem Plantada Degradada	1,00	0,66
Matas/ Florestas reservadas	1,00	0,93
Desmatamento	1,00	0,43
Efetivo do rebanho bovino	1,00	0,84

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Pode-se perceber que, em geral o valor das comunalidades é alto, com destaque para as variáveis Matas/Florestas reservadas; Matas Naturais e Pastagem Plantada. Dessa forma, pode-se dizer que uma quantia grande da variância foi extraída pela solução fatorial. Enquanto, as variáveis com valores de comunalidades menores como Desmatamento e Lavouras temporárias, significam que os fatores não explicam boa parte dessas variâncias.

Em seguida, os fatores foram submetidos à rotação ortogonal, pelo método Varimax, com objetivo de simplificar a interpretação dos dados. Desse modo, ao rotacionar a matriz fatorial, todas as variáveis que antes eram significativamente carregadas apenas no primeiro fator, passam a se comportar de maneira equilibrada. Assim temos as variáveis Pastagem Plantada, Matas/ Florestas Preservadas, Matas Naturais, Efetivo do rebanho bovino, Pastagem Plantada Degradada e Desmatamento carregadas significativamente no fator 1, enquanto que as variáveis Lavouras Permanentes, Área estabelecimento, Pastagem Natural e Lavouras Temporárias no fator 2. A Tabela 08 apresenta os dois fatores extraídos, as comunalidades e a porcentagem de variância explicada por cada fator.

**Tabela 07** - Matriz de componentes rotacionada, valores das comunalidades e variância explicada por cada variável.

	Component		Communalities
	1	2	
Pastagem Plantada	<b>0,961</b>	0,033	0,924
Matas/ Florestas Preservadas	<b>0,940</b>	0,211	0,928
Matas Naturais	<b>0,915</b>	0,267	0,909
Efetivo do rebanho bovino	<b>0,906</b>	0,127	0,838
Pastagem Plantada Degradada	<b>0,811</b>	0,038	0,659
Desmatamento	<b>0,519</b>	0,398	0,428
Lavouras Permanentes	0,139	<b>0,742</b>	0,570
Área estabelecimento	0,267	<b>-0,610</b>	0,443
Pastagem Natural	0,457	<b>0,599</b>	0,568
Lavouras Temporárias	0,306	<b>0,531</b>	0,375
% da Variância Explicada	47,852	18,565	

Fonte: Dados da pesquisa.

De posse dos dados fatoriais verificou-se que o fator F1 apresentou inter-relações fortes relativas à atividade pecuária. Por um lado temos a variável Pastagem Plantada contribuindo fortemente com esse fator, logo abaixo o Efetivo Bovino seguido de Pastagem Plantada e Desmatamento. Esse cenário permite perceber que a pecuária vem recebendo investimentos ao longo do tempo, como já discutido anteriormente.

A presença da pastagem plantada é indicativa de que houve mudanças nas relações econômicas e necessidade de incrementar a produção de derivados da carne.

Pôde-se perceber também que as correlações entre a criação de gado, degradação de pastagem e desmatamento são significativas para esse fator, de forma que é possível correlacionar a intensidade do pastoreio com a degradação da pastagem e o desenvolvimento dessa atividade econômica com o aumento das atividades de desmatamento nas regiões. Em contra partida, pela presença no mesmo fator das florestas preservadas, em forma de reservas e área de proteção e de matas naturais nos estabelecimentos, pode-se levantar a hipótese de que há uma baixa antropização nas regiões em que o bioma aparentemente apresenta-se mais preservado.

Nessa perspectiva, pela forte presença de indicadores referentes à pecuária, optou-se por denominar o fator F1 de *Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo*.

Ao analisar o segundo fator F2, a variável Lavoura Permanente é a que possui maior poder de explicação. É acompanhada das variáveis Lavouras Temporárias e Área do

Estabelecimento, o que é possível inferir uma forte relação com a agricultura e a dimensão de exploração do uso do solo.

Percebeu-se que, embora a variável Desmatamento contribua significativamente com o primeiro fator, possui valor acima de 0,30 (valor de referência) implicando que essa variável contribui de certa forma com o segundo fator. É de se esperar, uma vez que a prática do desmatamento para a agricultura foi significativa em todo o processo de modernização agrícola, principalmente com a grande demanda por monoculturas.

Notou-se que a variável área do estabelecimento tem contribuição negativa para o fator o que pode implicar, por exemplo, que o tamanho da propriedade não está relacionado diretamente ao maior ou menor impacto. O que é plausível visto que não é porque uma propriedade possui uma área extensa que seu impacto seja maior.

Diante dos dados apresentados, definiu-se o fator F2 como *Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo*.

Após a definição dos fatores foram realizados os cálculos de *scores* fatoriais para cada município do Estado de Goiás, e em seguida os resultados foram submetidos aos cálculos de normalização para que as variações de cada variável se tornassem padronizadas no intervalo de 0 a 1. Esse processo foi necessário para facilitar a espacialização, leitura e correlação dos dados da AF.

Com a normalização, os *scores* fatoriais de F1, o primeiro fator relacionado ao Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo, foram ranqueados de forma que os 10 maiores valores para esse índice estão dispostos na tabela 09.

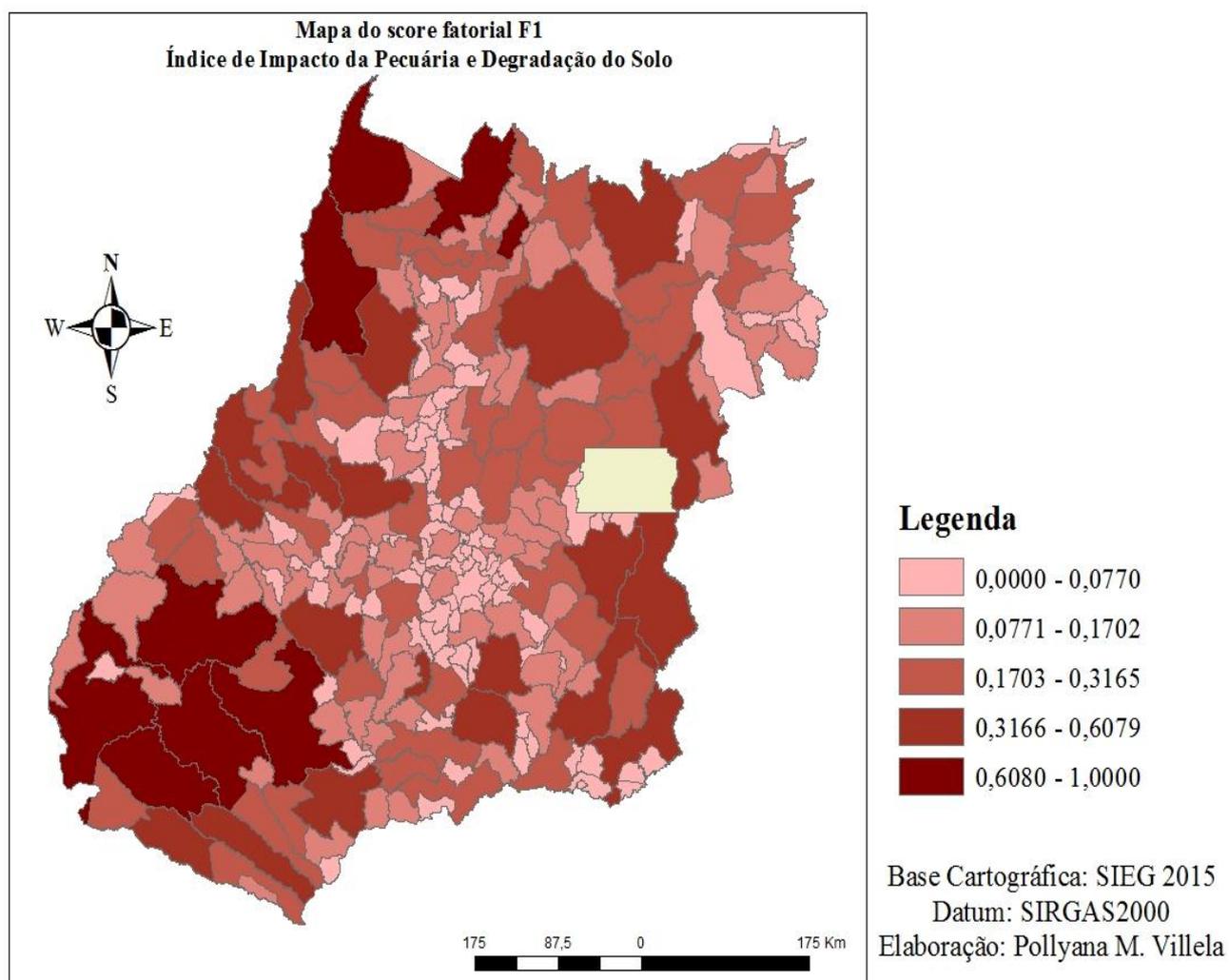
**Tabela 08** – Municípios de Goiás com os dez maiores índices de impacto da pecuária.

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>F1</b>
Nova Crixás	1,00
Caiapônia	0,92
Mineiros	0,89
São Miguel do Araguaia	0,87
Rio Verde	0,86
Jataí	0,83
Formoso	0,67
Serranópolis	0,65
Porangatu	0,64
Jussara	0,61

Fonte: Dados da pesquisa.

Dentre os municípios com os menores *scores* fatoriais podemos citar Palmelo e Anhanguera com 0,007 e Valparaíso com valor zero. No caso dessa última região, pode-se perceber que os dados encontrados estavam incompletos, o que pode ter ocasionado um valor tão abaixo do esperado.

Nessa perspectiva, a figura 04 apresenta a distribuição espacial dos *escores* de F1, o que permite fazer inferências importantes acerca de como se comporta o fator impacto da pecuária nas regiões de Goiás.



**Figura 04** – Espacialização dos *escores* fatoriais do Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo dos Municípios de Goiás, 2006.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Os maiores valores de *escores* fatoriais são percebidos tanto na mesorregião Sul de Goiás, com destaques para as regiões de Jataí, Mineiros, Rio Verde, Caiapônia, Serranópolis e

Chapadão do Céu, quanto na mesorregião Noroeste de Goiás, formado pelos Municípios de Nova Crixás, São Miguel do Araguaia, Crixás e Aruanã. Essas regiões possuem grande influência da pecuária, com destaque para Nova Crixás que possui um dos maiores rebanhos bovinos de Goiás, e Jataí com significativa produção leiteira.

Essa configuração do índice de impacto ambiental corrobora com as afirmações de Rodrigues e Miziara (2008) de que a expansão da pecuária aconteceu com a ocupação do estado e se deu primeiramente na região Sul, seguindo em direção ao Norte, consolidando então a intensificação do uso dos recursos naturais.

A pecuária foi a primeira forma de ocupação do espaço em Goiás, em grande parte por ser uma atividade que pode ser realizada com pouco investimento. Portanto, tem a característica de, em um primeiro momento, apresentar uma expansão vertical, como baixo nível de investimento e pouca alteração do espaço. Até a chegada da fronteira agrícola, na década de 1970 a pecuária ocupava basicamente a vegetação nativa, com a chamada pastagem natural. Com a mudança nesse cenário observamos uma forte substituição das pastagens naturais pelas plantadas. Porém, ainda com forte característica de expansão horizontal, com níveis de investimento significativamente abaixo da agricultura.

De acordo com Silva e Ferreira Jr. (2010) grande parte da vegetação já foi convertida principalmente na região Sudoeste e Sudeste de Goiás. Assim, por serem regiões cuja ocupação já está consolidada, possuem alto índice de impacto. No Norte e também Noroeste (Alto Araguaia) que ainda possuem cobertura vegetal significativa, as taxas de desmatamento foram mais expressivas, e conseqüentemente são regiões que possuem *scores* significativos. A região Nordeste (corredor Paranã-Pirineus), ainda de acordo com Silva e Ferreira Jr. (2010), registrou altas taxas de desmatamento, porém pela baixa intensidade da atividade agropecuária é uma região com baixos valores de *scores* fatoriais.

De acordo com o modelo de expansão agrícola de Miziara (2000), a pecuária é tida como a primeira atividade a ser desenvolvida em termos de incorporação de novas áreas produtivas. Dessa forma pode-se perceber que as regiões localizadas ao Sul possuem uma pecuária estabilizada devido às condições de escoamento, topografia e fertilidade, enquanto que as atividades da região Norte, apesar de possuir áreas estabilizadas com a pecuária, passaram a ter incremento significativo muito tempo depois. Assim,

[...] sob um novo padrão tecnológico, a bovinocultura inicia, juntamente com a exploração extensiva do solo, a intensificação de suas atividades, em busca do aumento de produtividade, levando o capitalista a tomar a decisão de investir em terras que forneçam oportunidades de lucro advindas de sua exploração (RODRIGUES e MIZIARA 2008, p.19).

O fator F1 está fortemente relacionado com a intensificação do uso do solo pela atividade pecuária, sendo a variável pastagem plantada a que contribui substancialmente com o fator. Isso se dá, pois a partir da década de 1975, ocorre um maior investimento na pecuária, de forma que se substituem as pastagens naturais pelas artificiais, a fim de que se aumente a produção. A substituição das pastagens e os desmatamentos, atrelados à falta de manutenção correta, e intensificação do quantitativo de bovinos, provoca a degradação das pastagens e consequentemente ao aumento de impactos ambientais nas regiões.

Segundo Ferreira et al. (2009), nas mesorregiões Centro e Sul Goiano estão localizados os municípios com maior déficit de cobertura vegetal nativa, devidos a intensa produção agropecuária. São regiões com *scores* de F1 significativos apontando para uma correlação positiva entre intensidade do uso do solo para agricultura e pecuária e impactos ambientais. Por outro lado, nas mesorregiões Norte e Leste são as que possuem municípios com as maiores concentrações de remanescentes de cerrado, mesmo com a atividade extensiva de pecuária e de extração vegetal, ainda apresentam valores para F1 relativamente altos, como Nova Crixás já citada.

O Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo também é formado por variáveis que representam a vegetação natural e as matas preservadas. Segundo Clementino et al. (2007), tais remanescentes correm grande risco de serem desmatadas para dar lugar às atividades agropecuárias. Desta forma, para os autores, as mesorregiões Centro, Noroeste e Sul apresentam em torno de 97% a 99% de risco de serem desmatadas, essas duas últimas regiões, como já citadas, possuem altos valores para o índice de impacto aqui analisado.

Em contrapartida, os autores afirmam que a mesorregião do Norte Goiano apresentam 57% de sua área com remanescente de vegetação nativa em risco de serem desmatadas. Essa região, em geral, apresenta baixos valores do *score* fatorial F1, em torno de 0,07 e 0,1, indicando uma menor ocorrência de impacto ambiental.

Após a observação da espacialização do fator F1, responsável pelo Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo, pôde-se analisar o fator F2, referente ao Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo. Nessa perspectiva, os 10 Municípios com maiores *scores* para esse fator estão apresentados na tabela 10.

**Tabela 09** – Municípios de Goiás com os dez maiores índices de impacto da agricultura e uso do solo.

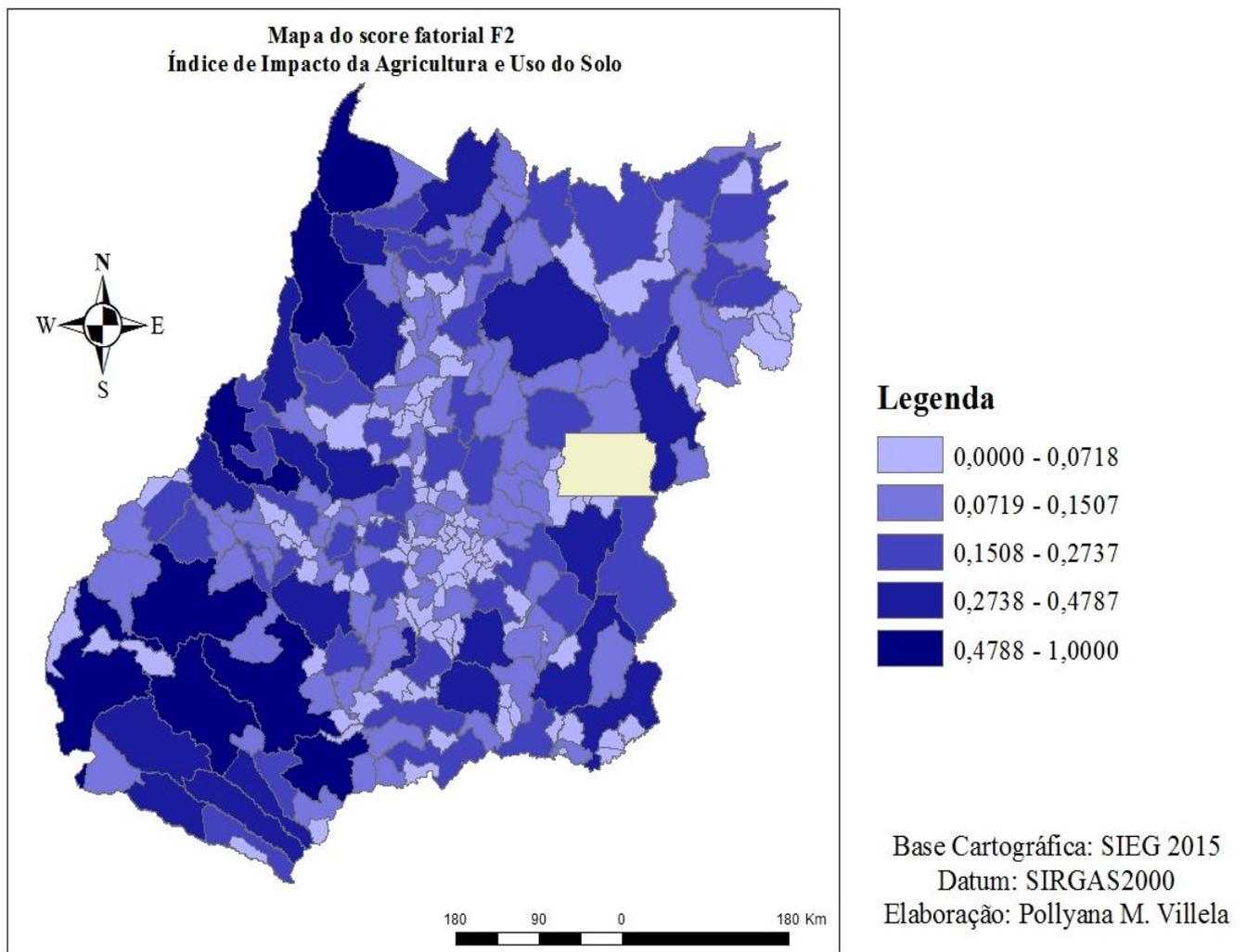
<b>MUNICÍPIO</b>	<b>F2</b>
Nova Crixás	1,00
São Miguel do Araguaia	0,66
Caiapônia	0,66
Rio Verde	0,64
Jataí	0,63
Mineiros	0,55
Jussara	0,54
Quirinópolis	0,52
Porangatu	0,48
Itarumã	0,43

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Percebe-se assim, que os municípios com os *scores* mais altos para F2 são praticamente os mesmo que possuem altos valores em F1. Nova Crixás é o município com o maior *escore* fatorial nas duas dimensões analisadas, já Quirinópolis, que não estava entre os dez maiores valores para o primeiro fator, entra com um score de 0,52, ocupando a nona posição.

A figura 05 representa a espacialização do fator F2. Observando o mapa do fator F2 percebe-se que sua configuração é muito próxima do fator F1. O F2 está fortemente correlacionado à agricultura e intensificação do uso do solo. Dessa forma, é possível depreender que tanto a agricultura quanto a pecuária provocam impactos ambientais significativos. Uma possível explicação pode ser a de que, em determinadas regiões, a agricultura avança sob as áreas de pastagem, e juntamente com essa atividade provocam a mesma intensidade de impactos.

A agricultura se expande em Goiás no sentido Sul-Norte, principalmente com a implantação das rodovias, aumentando significativamente as áreas ocupadas e sua produção. A produção, principalmente de grãos (milho, soja e algodão) e de cana-de-açúcar, ocorre tanto em áreas desmatadas, que antes eram pastagens, quanto em áreas de remanescentes de cerrado, o que implica dizer que, como a pecuária, a agricultura é responsável pelos impactos ambientais existentes.



**Figura 05** – Espacialização dos *scores* fatoriais do Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo dos Municípios de Goiás, 2006.

**Fonte:** Dados da pesquisa.

Os maiores valores do fator F2 são também percebidos nas mesorregiões Sul e Noroeste de Goiás, indicando forte presença da agricultura e intensa utilização do solo. De acordo com Miziara (2006), o período de expansão agrícola foi caracterizado pela forte concentração de áreas de lavoura no sentido Sul-Norte do Estado. Essa configuração só foi possível devido à implantação e investimento em rodovias para o escoamento da produção. Assim, os valores espacializados confirmam a consolidação dessas áreas enquanto grandes eixos de desenvolvimento da agricultura.

Os maiores produtores de grãos do Estado se encontram na região Sudoeste, sendo eles: Santa Helena, Acreúna, Rio Verde, Jataí, Chapadão do Céu e Mineiros. Dentre os

principais produtos agrícolas estão o algodão, a cana-de-açúcar, milho e soja (ARRAIS, 2002).

Em analogia, são regiões cujos *scores* fatoriais de F2 são bastante elevados, indicando alto impacto da agricultura. Silva e Ferreira Jr. (2010), afirmam que essa produção de grãos, principalmente a de milho, soja e algodão, ocorre tanto em áreas mais desmatadas como na região Sudeste e Sudoeste do Estado, quanto em áreas com altas taxas de remanescentes de cerrado, como na região Leste e Norte.

O cultivo da cana-de-açúcar tem se intensificado pela influência de programas como o Proálcool, que incentivou a atividade sucroalcooleira, principalmente na região Centro-Sul de Goiás que por sua vez possui alto Índice de Impacto da Agricultura. Abdala e Ribeiro (2011) apontam que as microrregiões com maior expansão da cultura de cana-de-açúcar foram Quirinópolis e Mineiros, com aumento significativo de área plantada.

Silva e Ferreira Jr. (2010) sugerem que o seu cultivo vem ocupando áreas onde a conversão de remanescente de cerrado já cessou, e se expande de forma significativa para áreas da região Centro-Norte, cujos valores para o *score* F2 estão entre 0,07 e 0,2, considerados valores com menor poder de impacto.

Nesse sentido pode-se verificar que, “associada a outras mudanças, como a criação de suínos e aves confinados e a agricultura de precisão, a expansão da lavoura de cana em Goiás mostra uma intensificação do uso do solo” (MIZIARA, 2009, p.19). Tal fato contribui para a potencialização dos impactos ambientais percebidos no cerrado, e que estão intimamente relacionados ao fator Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo.

#### 6.1 Confrontação dos Índices: modernização, impacto da pecuária e degradação do solo e desempenho municipal.

De posse dos dados, foi possível fazer as análises de correlação linear, para verificar se o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo teria alguma relação com o índice de modernização, criado por Santos (2010).

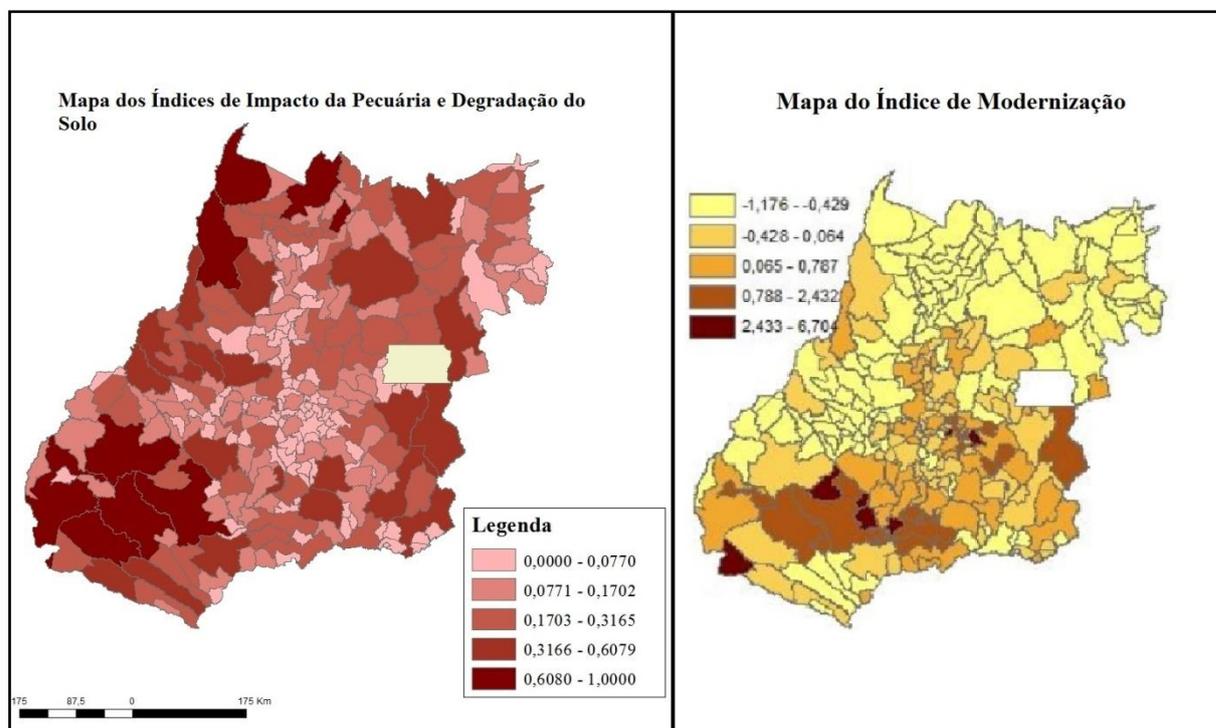
Os cálculos de correlação foram feitos no programa SPSS. E pôde-se verificar que não houve uma correlação significativa entre os dados. O valor de correlação de Pearson (*r*) foi abaixo do esperado, enquanto que o teste de significância foi acima do valor de limite 0,05.

A partir desses resultados, pode-se depreender que não há relação significativa, em termos numéricos, entre os impactos ambientais aqui analisados e o nível de desenvolvimento técnico agrícola. Esse dado permite dizer que, não é o nível de modernização de determinada região que acarretará maior ou menor impacto da pecuária e degradação do solo. Os impactos podem e vão existir independentemente do maior ou menor desenvolvimento tecnológico.

Assim, podemos ter regiões com alto Índice de Modernização e regiões com baixo nível de desenvolvimento agrícola que apresentam índices de impactos da pecuária e uso do solo bastante significativos.

Nessa perspectiva, ao fazer uma inspeção visual comparando os mapas de modernização e de impactos (figura 06), pode-se perceber essa estreita relação.

Na mesorregião Sudoeste de Goiás, os municípios com os maiores índices de modernização (2,4 – 6,7) são Montividiu, Santo Antônio de Goiás e Chapadão do Céu, são regiões que, analogamente, possuem baixos valores para o índice de impactos analisados. Os municípios Rio Verde, Jataí e Mineiros, que formam uma das principais regiões agrícolas, com alto grau de desenvolvimento e participação na economia, foram os que apresentaram maiores índices de impacto ambiental.



**Figura 06** – Mapa dos Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do solo e de Modernização para Goiás – ano 2006.

**Fonte:** dados da pesquisa/ SANTOS (2010).

Assim, ao observar a mesorregião Noroeste de Goiás, grande parte dos municípios estão em uma faixa muito baixa de modernização, apresentando menores índices. São regiões onde há predominância da pecuária e de baixos níveis de investimento. Em contrapartida, o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo aparece de forma significativa nessa região. Grande parte dos municípios apresentam valores relevantes para esse índice de 0,1 a 0,6.

Os municípios, São Miguel do Araguaia, Porangatu e Formoso apresentam taxas de modernização negativas, participando do conjunto de regiões com menores índices de modernização, em contrapartida, são os municípios da mesorregião Noroeste, juntamente com Nova Crixás, os que apresentaram maiores impactos ambientais da pecuária e uso do solo (0,6 a 1).

Esses dados corroboram com o fato de que os impactos ambientais aqui analisados ocorrem de forma heterogênea no Estado de Goiás, e que independem do nível de modernização dos municípios. Ocorrem tanto em regiões extremamente modernizadas e desenvolvidas, bem como em regiões sem uma significativa tecnificação agrícola.

Deve-se ressaltar que a utilização dos recursos ambientais (terra, água, ar, etc) é uma característica própria de toda atividade humana, em busca da sobrevivência. A questão ambiental surge quando esses impactos podem eventualmente tornar-se significativos ao ponto de impedirem a continuidade das próprias atividades. Mas sempre existe um *trade off*, algum tipo de impacto ambiental em troca da produção de riqueza, bem estar ou a própria sobrevivência.

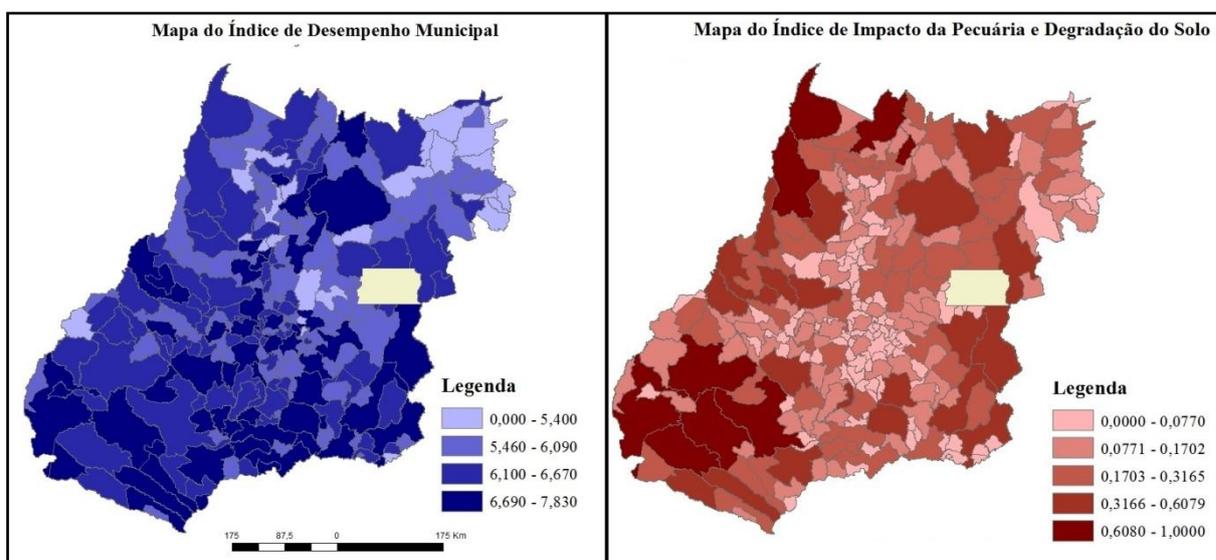
Com o processo de desenvolvimento da nossa sociedade, e o domínio tecnológico, foi possível um tipo de ação sobre a natureza muito mais impactante. A expansão da chamada fronteira agrícola foi o ponto mais elevado na utilização da ciência e da tecnologia como forma de produção de bens na agropecuária.

Diante do fato de que os impactos ambientais analisados nessa pesquisa são todos aqueles relacionados à dimensão ambiental, econômica e social, foi possível realizar os cálculos de correlação, para se verificar as relações entre o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo com o Índice de Desempenho dos Municípios.

De posse dos dados, foi possível observar que a correlação foi significativa a nível de 0,01 (teste da hipótese nula), e apresentou uma correlação de Pearson significativa, porém baixa (0,293). Esses resultados permitem inferir que, em certo ponto, quanto maior o

desenvolvimento do município, maior será o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo. A figura 07 apresenta os mapas dos índices em questão.

Mais uma vez, a região Sul se destaca com um grande contingente de municípios apresentando valores consideráveis para o índice analisado. Como já mencionado, as regiões de Rio Verde, Jataí e Catalão possuem alto desenvolvimento agrícola, potencial econômico considerável e impactos ambientais consolidados, como a baixa ou inexistente presença de remanescentes de cerrado, por exemplo.



**Figura 07** – Mapa do Índice de Desempenho dos municípios de Goiás e do Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo.

**Fonte:** dados da pesquisa/ IMB.

Na região do Norte de Goiás, encontra-se o chamado “Quadrilátero do Norte”, composto pelos municípios de Porangatu, Niquelândia, Minaçu e Uruaçu, “cidades mais importantes do ponto de vista demográfico e econômico da região” (ARRAIS, 2002, p. 13). Essa importância corrobora com o fato de que essas três últimas cidades são as que possuem maiores índices de desenvolvimento municipal, e valores relevante de índice de impactos ambientais.

Como já ressaltamos anteriormente, a utilização de recursos ambientais, e o conseqüente impacto ambiental, pode ocorrer com utilização de baixo nível tecnológico. No caso de Goiás isso implicou em regiões com significativo impacto ambiental sem a

consequente geração de riquezas e bem-estar social. Por isso, provavelmente a correlação observada foi relativamente baixa.

Nas regiões Noroeste de Goiás pode-se notar que existe um grande contingente de municípios com valores de IDM mais baixos (entre 0 e 5,4), confirmando a ideia de que nessas regiões a dimensão rural é predominante e tem sua base constituída principalmente da pecuária extensiva e na agricultura de subsistência e que, ainda assim, são regiões em que o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo também são percebidos. Nesse contexto, Arrais (2002) afirma que:

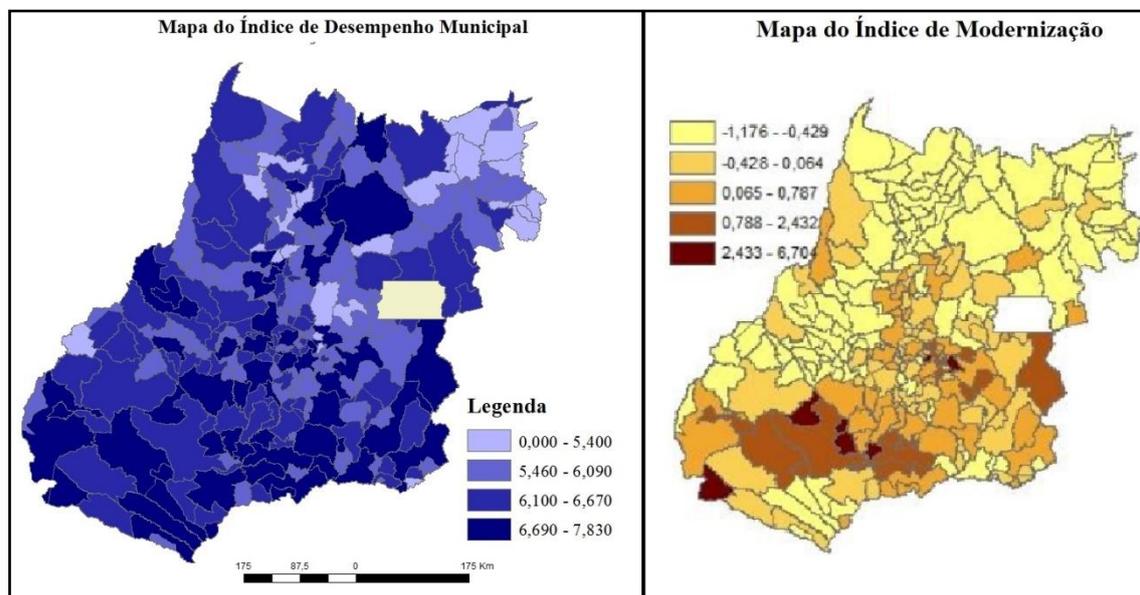
A não compreensão desse rural, por vezes entendido como sinônimo de pobreza e atraso, reforça a construção do discurso de um “Nordeste Pobre”, pois os indicadores sociais daqueles que habitam o rural ainda são considerados à luz daqueles que habitam o urbano, como, por exemplo, a taxa de analfabetismo, a infraestrutura de água e esgoto, as unidades hospitalares, o número de leitos disponíveis, além da renda que, seguramente, se computado somente o valor em moeda é uma das menores do Estado. Todos esses “indicadores”, especialmente se comparados às outras regiões do Estado, reforçam o discurso do atraso e do subdesenvolvimento dessa região (ARRAIS, 2002, p.19).

Nesse contexto, pode-se reforçar a ideia de que a modernização agrícola possui relações com o desenvolvimento econômico e social das regiões em estudo. Ao calcular as correlações entre esses dois índices, percebe-se que foi significativa a nível de 0,01 (teste da hipótese nula), e cuja correlação de Pearson esteve dentro dos padrões aceitáveis, porém fraca (0,262). Dessa forma, mesmo que de pouca intensidade, quanto maior for a modernização, maior será o desenvolvimento do município. A figura 08 apresenta os mapas dos Índice de Desempenho dos Municípios e Índice de Modernização da Agropecuária em Goiás.

De acordo com Arrais (2002), a urbanização do Estado de Goiás é considerada concentrada e seletiva e segue os padrões de ocupação, visto que as regiões que primeiramente se consolidaram enquanto fronteira agrícola, devido ao desenvolvimento como um todo, hoje são tidas como as mais urbanizadas e desenvolvidas economicamente e consequentemente, as que apresentam maiores valores de impactos aqui relacionados.

Mais uma vez nota-se um mesmo padrão de configuração espacial entre as regiões Sudoeste e Nordeste de Goiás, que condiz com a visão geral de que a primeira pelo processo histórico de ocupação e desenvolvimento, foi uma região beneficiada em termos de investimentos em infraestrutura e incentivos governamentais, configurando assim uma região

que podemos observar com os valores mais significativos para os índices até o momento analisados.



**Figura 08** – Mapa do Índice de Desempenho dos municípios e do Índice de Modernização de Goiás.  
**Fonte:** SANTOS (2010) / SEGPLAN (2013).

Visualmente verifica-se que a região Sul Goiana é a que apresenta maiores Índices de desempenho dos municípios entre 6,1 e 7,8, e analogamente é a região com as maiores taxas de modernização.

Arrais (2002) observa nessas regiões, principalmente aquelas mais ricas em termos econômicos, como Jataí, Catalão e Morrinhos, uma dualidade entre urbano e rural de forma que define o agrícola como o rural modernizado, com formas de produção tecnificadas e altos padrões de consumo, criando contradições e colocando em dúvida a separação entre campo e cidade.

Dessa forma, entende-se que a modernização da agropecuária traz impactos significativos nas dimensões analisadas, mas que isso não significa que uma região seja mais importante que a outra, ou que o desenvolvimento alcançado extinguiu os problemas sociais existentes nessas regiões. O que ocorre é a consolidação de um modelo adotado de tecnificação que favoreceu de forma mais intensa uma região em detrimento das demais.

A relação entre a modernização agrícola e o desenvolvimento regional tem sido motivo de debate acadêmico. Santos (2010), por exemplo, fez essa correlação com o IDH-M e encontrou resultado próximo ao que obtivemos. O autor constatou que houve uma maior relação entre agricultura e o IDH-M, do que a pecuária. Dessa maneira, os efeitos da presença

da agricultura em determinadas regiões foram acentuados nos valores captados por tal índice. Isso pode ter ocorrido pelo fato de que maiores investimentos foram feitos, incrementando assim a cadeia produtiva de produtos cultivados.

Santos (2010) ainda observou que as áreas da região do Noroeste Goiano, cuja presença da pecuária é expressiva, apresentaram os menores índices de desenvolvimento humano municipal.

O que se pode constatar é que a modernização da agropecuária apresenta algum impacto no desenvolvimento regional, porém existem outros fatores que também intervêm. Por exemplo, a ação do Estado, com políticas públicas específicas; o desenvolvimento do mercado, principalmente industrial; a ocorrência de recursos minerais; etc. Considerando que o desenvolvimento local é mediado por uma quantidade muito grande de fatores, foi possível constatar um peso importante para a modernização da agropecuária.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O processo histórico da ocupação e consolidação de Goiás foi baseado principalmente, no avanço das frentes de expansão, pioneiras e na consolidação da fronteira agrícola. A chegada da modernização nos anos 1970 via pacotes tecnológicos, sistema de créditos e intervenção governamental contribuiu de forma relevante para os avanços econômicos e sociais do Estado.

Considerando-se esses aspectos, o processo de modernização vislumbrado pelo governo não levou em conta as questões ambientais. Isso ocorreu até mesmo porque, na época, as percepções de meio ambiente eram limitadas e não se atentavam à ideia de como a utilização dos recursos naturais poderia ter consequências graves.

Os impactos ambientais mais visíveis foram aqueles relacionados à perda da vegetação nativa, tais como desmatamento, queimadas, erosões, alterações no solo entre outros. Entretanto, os impactos não foram percebidos somente nos recursos naturais, de modo que as mudanças se refletiram na sociedade e na economia também. Houve alterações nas estruturas sociais e nas relações de trabalho, de sorte que o aumento das desigualdades, a exclusão de classes trabalhadoras rurais e as migrações desgovernadas foram alguns dos exemplos observados. Em contrapartida, a economia ganhou notoriedade e novas proporções, impulsionando o Estado em relação às mudanças nos indicadores sociais, bem como ao aumento do produto interno bruto, dos investimentos e de capital.

Nessa perspectiva de mudanças no padrão tecnológico, desenvolvimento socioeconômico e degradação do meio ambiente, surgiu a necessidade de se entenderem quais são os impactos ambientais mais significativamente relacionados com a expansão da fronteira agrícola e em que nível eles estariam correlacionados com os impactos socioeconômicos.

A partir dos referenciais teóricos e dos dados primários, foi possível criar o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo e o Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo, correlacionando-os, posteriormente, com Índice de Modernização e o Índice de Desempenho dos Municípios. Foram utilizados os dados dos 246 municípios de Goiás no ano de 2006 e 2010.

Os municípios com os maiores *scores* para o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo foram Nova Crixás (1,0) e São Miguel do Araguaia (0,87), localizados na mesorregião Noroeste, bem como Caiapônia (0,92), Mineiros (0,89) e Jataí (0,83), situados

na região Sul goiana. Percebe-se que, em tais municípios, a atividade agrícola é intensa, principalmente a pecuária.

Ademais, eles apresentaram também os cinco maiores *scores* para o fator F2, relacionado ao Índice de Impacto da Agricultura e Uso do Solo. Também mereceu destaque Rio Verde (0,64), em que a economia é fortemente composta pela agricultura.

A identificação desses dois fatores é coerente com as duas principais atividades desenvolvidas no meio rural: a agricultura e a pecuária. Apesar de comumente serem agregadas no genérico “agropecuária”, as duas apresentam impactos distintos tanto no meio ambiente quanto na economia e na sociedade.

Com a definição dos índices de impactos ambientais, foi possível fazer as correlações entre a modernização e os impactos socioeconômicos.

O referencial teórico é bastante enfático ao apresentar a modernização como causa do aparecimento dos impactos ambientais. Contudo, essa relação não acontece de uma forma linear, ou seja, não necessariamente haverá maiores impactos ambientais devido ao maior nível de modernização, tampouco menores impactos ambientais quanto menor for o nível de modernização. O que se pode perceber, assim, é que os impactos ambientais ocorrem de forma independente do nível de modernização presente em determinada região.

Nessa perspectiva, esses impactos podem ser igualmente significativos mesmo com a utilização de uma tecnologia menos desenvolvida, conforme se verificou no presente estudo. Regiões com baixo nível tecnológico apresentaram impactos ambientais semelhantes às aquelas regiões com emprego de capital mais intensivo em tecnologia, demonstrando a baixa correlação entre as variáveis estudadas.

Ao correlacionar o Índice de Impacto da Pecuária e Degradação do Solo com o Índice de Desempenho dos Municípios, um índice que abrange seis dimensões socioeconômicas, observou-se que existe uma correlação, porém que essa é baixa. De certa forma, esse resultado permite inferir que, quanto maior for o nível de desenvolvimento socioeconômico de uma região, maior seria o impacto causado pela mesma.

Por fim, correlacionaram-se os índices de Modernização e de Desempenho dos Municípios. Os resultados apontaram para a existência de uma baixa relação, explicitando que, ainda que em menor intensidade, o grau de modernização aumenta os indicadores socioeconômicos.

É nessa perspectiva que se observam regiões altamente modernas, com grande contingente populacional, desenvolvidas economicamente e com forte participação no PIB do

Estado. Entretanto, isso não significa, obviamente, que não existam problemas sociais nessas regiões. Destarte, a pobreza, a urbanização descontrolada, a violência e a falta de políticas públicas sociais adequadas sempre serão questões necessárias de serem discutidas e repensadas.

De modo geral, a pesquisa sinalizou uma relação de *trade off*. Se, por um lado, existe um intenso processo de Modernização, capaz de gerar aumento do uso da tecnologia e crescimento econômico para determinadas regiões, bem como mudanças das estruturas sociais e do uso do solo, por outro, esse mesmo processo impulsiona mudanças na paisagem natural, provocando e intensificando os impactos ambientais e não resolvendo os problemas sociais relacionados à pobreza, ao êxodo rural, à urbanização e à infraestrutura.

Assim, o presente estudo apontou as relações entre o processo de ocupação de Goiás e o advento da modernização agrícola e a geração dos impactos ambientais percebidos ao longo do tempo. Porém, notou-se uma confluência de fatores que configuraram o cenário atual de degradação ambiental no cerrado que independe do nível da Modernização Agrícola.

## REFERÊNCIAS

- ABDI, Hervé; WILLIAMS, Lynne J. Principal component analysis. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Computational Statistics**, v. 2, n. 4, p. 433-459, 2010.
- ABDALA, Klaus de Oliveira; RIBEIRO, Francis Lee. Análise dos impactos da competição pelo uso do solo no estado de Goiás durante o período 2000 a 2009 provenientes da expansão do complexo sucroalcooleiro. **Revista Brasileira de Economia**, v. 65, n. 4, p. 373-400, 2011.
- ABDALA, Klaus de Oliveira. Riscos de impactos ambientais gerados pela dinâmica de uso do solo entre a bovinocultura e as culturas de soja e milho no Estado de Goiás no período de 2000 a 2010. In: **Dinâmica de competição agropecuária pelo uso do solo no estado de Goiás e implicações para a sustentabilidade dos recursos Hídricos e remanescentes florestais**. Tese de Doutorado. Programa de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás, 2012.
- ANDRADE, Eunice; ARAÚJO, Lúcia; ROSA, Morsyleide; DISNEY, Walt; ALVES, Aurilea. Seleção dos Indicadores da Qualidade das Águas Superficiais pelo Emprego da Análise Multivariada. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.3, p.683-690. 2007.
- ARAÚJO, Fernando Moreira; FERREIRA, Laerte Guimarães; ARANTES, Arielle Elias. Distribution patterns of burned areas in the Brazilian biomes: an analysis based on satellite data for the 2002–2010 period. **Remote Sensing**, v. 4, n. 7, p. 1929-1946, 2012.
- ARRAIS, Tadeu Pereira Alencar. Goiás: novas regiões, ou novas formas de olhar velhas regiões. Abordagens geográficas de Goiás: o natural e o social na contemporaneidade. Goiânia: **IESA**, p. 152-165, 2002.
- CLEMENTINO, Nilson; FERREIRA, Manuel Eduardo; LOBO, Fábio Carneiro. Riscos de desmatamentos e potencial de regeneração da vegetação nativa: definindo prioridades e estratégias territoriais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2007.
- BALSAN, Rosane. Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira. Campo-Território. **Revista de Geografia agrária**, v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006.
- BASTOS, Lázaro Antônio; FERREIRA, Idelvone Mendes. Composições fitofisionômicas do bioma Cerrado: estudo sobre o subsistema de Vereda. **Espaço em Revista**, v. 12, n. 1, 2012.
- BEZERRA, Luiza Maria Capanema; CLEPS JR, João. O desenvolvimento agrícola da região Centro-Oeste e as transformações no espaço agrário do estado de Goiás. **Caminhos de geografia**, v. 5, n. 12, 2006.
- BOLLMANN, Harry Alberto; MARQUES, David da Motta. **Bases para a Estruturação de Indicadores de Qualidade de Águas**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 37-60, 2000.
- BRASIL. Lei nº 4.829, de 05 de novembro de 1965. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 5 nov. 1965.

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

BUSTAMANTE, Mercedes Maria da Cunha; NOBRE, Carlos Alberto, SMERALDI, Roberto; AGUIAR, Ana; BARIONI, Luis; FERREIRA, Laerte Guimarães; LONGO, Karla; MAY, Peter; OMETTO, Jean B; PINTO, Alexandre. Estimating greenhouse gas emissions from cattle raising in Brazil. **Climate Change**, v. 115, n. 3-4, p. 559-577, 2012.

CARPENTER, Richard. The biome. **American Midland Naturalist**, v. 21, n. 1, p. 75-91, 1939.

CARVALHO, Fábio; DE MARCO, Paulo; FERREIRA, Laerte Guimarães. The Cerrado into-pieces: Habitat fragmentation as a function of landscape use in the savannas of central Brazil. **Biological Conservation**, v. 142, n. 7, p. 1392-1403, 2009.

CLEMENTINO, Nilson; FERREIRA, Manuel Eduardo; LOBO, Fábio Carneiro. Riscos de desmatamentos e potencial de regeneração da vegetação nativa: definindo prioridades e estratégias territoriais. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 27, n. 1, p. 83-96, 2007.

COELHO, Gustavo Neiva. Goiás: a ocupação pela agropecuária. **História Revista**, v. 2, n. 2, p. 23-51, jul./dez. 1997.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA. 1986. Resolução Conama Nº 001. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>. Acesso em 08/7/2016

CORRELL, D.L. Phosphorus: a rate limiting nutrient in surface waters. **Poultry Science**, 1999, 78(5): 675–682.

CUNHA, Nina Rosa da Silveira; LIMA, João Eustáquio; GOMES, Marília Fernandes de Maciel; BRAGA, Marcelo José. Intensidade da exploração agropecuária como indicador da degradação ambiental na região dos cerrados, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba: v. 46, n. 2, p. 291-323, 2008.

DELGADO, Guilherme Costa. Expansão e modernização do setor agropecuário no pós guerra: um estudo da reflexão agrária. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 15, n. 43, p. 157-172, set./dez. 2001.

DINIZ, Bernardo Palhares Campolina. **O Grande Cerrado do Brasil Central: geopolítica e economia**. 2006. 231f. Tese de Doutorado. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo.

EITEN, George. 1977. **Delimitação do conceito de Cerrado**. Arquivos do Jardim Botânico, Rio de Janeiro 21: 125-134.

FAO. **Livestock's long shadow**. Rome: (FAO) Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2006.

FARIAS, Giuliana Mendonça; ZAMBERLAN, Carlos Otávio. Expansão da fronteira agrícola: impacto das políticas de desenvolvimento regional no centro-oeste brasileiro. **Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento**, v. 2, n. 2, p. 58-68, 2013.

FEARNSIDE, Philip. Soybean cultivation as a threat to the environment in Brazil. **Environmental Conservation**, v. 28, n. 01, p. 23-38, 2001.

FELFILI, Jeanine Maria; SOUSA-SILVA, José Carlos; SCARIOT, Aldicir. Biodiversidade, ecologia e conservação do Cerrado: avanços no conhecimento. **Cerrado: Ecologia, Biodiversidade e Conservação. Brasília, DF: MMA**, p. 27-44, 2005.

FERREIRA, Daniel Furtado. Análise multivariada. **Lavras: UFLA**, v. 22, 1996.

FERREIRA, Manuel Eduardo; MIZIARA, Fausto; FERREIRA, Laerte. Guimarães; RIBEIRO, Francis Lee; FERREIRA, Nilson. Clementino. Ativos ambientais do bioma cerrado: uma análise da cobertura vegetal nativa e sua relação com o preço da terra no estado Goiás. **Revista Brasileira de Cartografia**, v. 1, n. 61, p. 37-50, 2009.

FERREIRA, Manuel Eduardo; FERREIRA, Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clementino; LOBO, Fábio Carneiro. Base de dados territoriais necessárias à análise de um sistema de reserva legal extra-propriedade no Estado de Goiás. **Boletim Goiano de Geografia**. Goiânia, v. 27, n.1, p.27-46, 2007.

FIGUEIREDO FILHO, Dalson Brito; SILVA JUNIOR, José Alexandre. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, n. 1, 2010.

FOLEY, Jonathan; DEFRIES, Ruth; ASNER, Gregory; BARFOR, Carol; BONAN, Gordon; CARPENTER, Stephen; CHAPIN, Stuart; COE, Michael; DAILY, Gretchen; GIBBS, Holly; HELKOWSKI, Joseph; HOLLOWAY, Tracey; HOWARD, Erica; KUCHARIK, Christopher; MONFREDA, Chad; PATZ, Jonathan; PRENTICE, Colin; RAMANKUTTY, Navin; SNYDER, Peter. Global consequences of land use. **science**, v. 309, n. 5734, p. 570-574, 2005.

FÜRSTENAU, Vivian. A política de crédito rural na economia brasileira pós 1960. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v.8, n.1, p.139-154, 1987.

GRAZIANO NETO, Francisco. **A questão agrária e ecologia**: crítica da moderna agricultura. São Paulo: Brasiliense, 1982.

GONZALEZ, Bernardo Celso de Rezende, COSTA, Silvia Maria Almeida Lima. Agricultura brasileira: modernização e desempenho. **Teoria e Evidência Econômica**. Passo Fundo, v. 5 n. 10 p. 7-35 maio 1998.

GUIMARÃES, Eduardo Nunes; LEME, Heládio José de Campos. Caracterização histórica e configuração espacial da estrutura produtiva do Centro-Oeste. **NEPO/UNICAMP. Redistribuição da população e meio ambiente: São Paulo e Centro-Oeste**, v. 1, p. 25-65, 2002.

HAIR, Joseph; ANDERSON, Rolph; TATHAM, Ronald; BLACK, William. **Análise multivariada de dados**. 5ª Edição. Porto Alegre: Bookman Editora 2005.

HAMMOND, Allen; WORLD RESOURCES INSTITUTE. **Environmental indicators: a systematic approach to measuring and reporting on environmental policy performance in the context of sustainable development**. Washington, DC: World Resources Institute, 1995.

HARDESTY, Jeff; MYERS, Ron; FULKS, Wendy. Fire, ecosystems, and people: a preliminary assessment of fire as a global conservation issue. **The George Wright Forum** 22: 78-87. 2005.

HELFAND, Steven M. The political economy of agricultural policy in Brazil: decision making and influence from 1964 to 1992. **Latin American research review**, p. 3-41, 1999.

HOFFMANN, Rodolfo; KAGEYAMA, Ângela Antônia. Modernização da agricultura de distribuição de renda no Brasil. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. Rio de Janeiro, n.15, p.171 – 208, 1985.

INOCÊNCIO, Maria Erlan e CALAÇA, Manoel. **Cerrado**: Fronteira da produção agrícola capitalista do século XX. In: Anais do XIX Encontro Nacional de Geografia Agrária, p. 1-16. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**: Brasil 2004. Rio de Janeiro, RJ: IBGE, 2004.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Agropecuário de 2006. Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. **Rio de Janeiro: MPOG**, 2009.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Evolução da desigualdade no rendimento domiciliar per capita nos municípios brasileiros**. Comunicados do IPEA, 2011.

IPEADData. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em: <<http://www.ipeadata.gov.br/>> Acesso em: 30/7/2016.

KAGEYAMA, Ângela (coord). O Novo padrão agrícola brasileiro: Do complexo rural aos complexos agroindustriais. In: DELGADO, Guilherme Costa, GASQUES, José Garcia; VILA VERDE, Carlos Monteiro. **Agricultura e Políticas públicas**. Brasília:IPEA, 1990. cap.11,p. 113-223.

KAUFFMAN, J. Boone; PYKE, David , Range ecology, global livestock influences *In* Levin, S., ed., **Encyclopedia of Biodiversity**: Vol. 5. San Diego, CA, Academic Press, p. 33-52, 2001.

KLINK, Carlos A.; MOREIRA, Adriana G. Past and current human occupation, and land use. **The cerrados of Brazil: ecology and natural history of a neotropical savanna**, p. 69-88, 2002.

KLINK, Carlos A.; MACHADO, Ricardo B. A conservação do Cerrado Brasileiro. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 147-155, 2005.

LAPIG-MAPS. Disponível em: <<http://maps.lapig.iesa.ufg.br/lapig.html>>. Acesso em 2/3/2016.

LEITE, Sérgio Pereira. Análise do financiamento da política de crédito rural no Brasil (1980-1996). **Estudos Sociedade e Agricultura**, 2013.

LENZ, Maria Heloisa. A evolução do conceito de renda da terra no pensamento econômico: Ricardo, Malthus, Adam Smith e Marx. In: **VII Congresso Brasileiro de História Econômica**. 2007.

MARCONI, Marina de Andrade, LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5ª.ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINE, George. A trajetória da modernização agrícola: a quem beneficia?. **Lua Nova: Revista de Cultura e Política**, São Paulo, n. 23, p.7-37, Mar. 1990.

MARTINS, José de Souza. O tempo da fronteira. Retorno à controvérsia sobre o tempo histórico da frente de expansão e da frente pioneira. **Tempo social**, v. 8, n. 1, p. 25-70, 1996.

MARTINEZ, José; DABERT, Patrick; BARRINGTON, Suzelle; BURTON Colin. Livestock waste treatment systems for environmental quality, food safety, and sustainability. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 22, p. 5527-5536, 2009.

MARTINS Jr., Osmar; CHAVES, Flávio Teodoro. Uso de Instrumentos Econômicos para a Conservação da Biodiversidade em Goiás: Implicações e Perspectivas. In: FERREIRA, L. G. (Org.). **A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Cênone/Cegraf-UFG, 2008. Cap 8. p.188-198.

MATOS, Patrícia Francisca; PESSÔA, Vera Lúcia Salazar. A modernização da agricultura no Brasil e os novos usos do território. **Geo UERJ**, Rio de Janeiro, v. 2, n. 22, 2011, p. 290 – 322.

MCLAUGHLIN, Alison; MINEAU, Pierre. The impact of agricultural practices on biodiversity. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 55, n. 3, p. 201-212, 1995.

MENDONÇA, Marcelo Rodrigues, THOMAZ Jr., Antônio. A modernização da agricultura nas áreas de Cerrado em Goiás (Brasil) e os impactos sobre o trabalho. **Revista Investigaciones Geográficas**, Boletín, 55, 2004.

MYERS, Norman; MITTERMEIER, Russel A; MITTERMEIER, Cristina. G.; DA FONSECA, Gustavo. A; KENT, Jennifer. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. Vol 403. p.853-858. 2000.

MIZIARA, Fausto. Condições estruturais e opção individual na formulação do conceito de “Fronteira Agrícola”. **Relações Cidade-Campo: Fronteiras**. Goiânia: CEGRAF, p. 273-289, 2000.

MIZIARA, Fausto. Expansão da lavoura de cana em Goiás e impactos ambientais. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SOCIOLOGIA**. 2009.

MIZIARA, Fausto. "Expansão de fronteiras e ocupação do espaço no Cerrado: o caso de Goiás." **Natureza viva Cerrado**. Goiânia: Ed. da UCG (2006).

MIZIARA, Fausto; FERREIRA, Nilson Clementino. Expansão da fronteira agrícola e evolução da ocupação e uso do espaço no Estado de Goiás: subsídios à política ambiental. In: FERREIRA, L. G. (Org.). **A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Cãnone/Cegraf-UFG, 2008. Cap 4. p.107-125.

MMA. **Plano de Ação para prevenção e controle do desmatamento e das queimadas: cerrado** / Ministério do Meio Ambiente. – Brasília: 2011.

MOORE, David S. Scatterplots and Correlation. In: **The basic practice of statistics**. Palgrave Macmillan, 2010. p. 95 – 124.

MUELLER, Charles Curt. Dinâmica, condicionantes e impactos socioambientais da evolução da fronteira agrícola no Brasil. **Revista de Administração Pública**, v.26, p.64-87, 1992.

MUELLER, Charles; MARTINE, George. Modernização da agropecuária, emprego agrícola e êxodo rural no Brasil: a década de 1980. **Revista de Economia Política, São Paulo**, v. 17, n. 3, p. 67, 1997.

MUELLER, Charles; MARTHA Jr, Geraldo. A agropecuária e o desenvolvimento socioeconômico recente do Cerrado. In: **Simpósio Nacional Cerrado, 9.; Simpósio Internacional Savanas Tropicais**. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008.

OECD. **Environmental Indicators for Agriculture: Concepts and Framework**. OECD Publications Service, Paris: 1999.

OLIVEIRA, Rafael Silva; BARIONI, Luis; ALBERTINI, Tiago Zanett; EORY, Vera; TOPP, Cairistiona; FERNANDES, Fernando A.; MORAN, Dominic. Developing a nationally appropriate mitigation measure from the greenhouse gas GHG abatement potential from livestock production in the Brazilian Cerrado. **Agricultural Systems**, v. 140, p. 48-55, 2015.

PAIS, Paloma Santana Moreira. Degradação Ambiental no Estado da Bahia: uma Aplicação da Análise Multivariada. **Revista Geonordeste**, São Cristóvão, a. XXIII, n.1, p. 1-21, 2012.

PÁDUA, Andréia Aparecida Silva. A Sobrevida da Marcha para o Oeste. **Estudos**, v. 34, n. 4, p. 623-643, 2007.

PERON, Antônio José; EVANGELISTA, Antônio Ricardo. Degradação de pastagens em regiões de cerrado. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 28, n. 3, p. 655-661, 2004.

PERZ, Stephen G. **The rural exodus in the context of economic crisis, globalization and reform in Brazil**. International Migration Review, p. 842-881, 2000.

PIVELLO, Vânia. The use of fire in the Cerrado and Amazonian rainforests of Brazil: past and present. **Fire ecology**, v. 7, n. 1, p. 24-39, 2011.

PRADO, Lúcius Albuquerque; MIZIARA, Fausto; FERREIRA, Manuel Eduardo. Expansão da Fronteira Agrícola e Mudanças no uso do Solo na Região Sul de Goiás: Ação Antrópica e Características Naturais do Espaço. **Boletim Goiano de Geografia**. v. 32, n. 1, p. 151-165. 2012.

RECATALÁ, Luis; SACRISTÁN, Daniel. A minimum indicator set for assessing resources quality and environmental impacts at planning level in a representative area of the European Mediterranean Region. **Ecological Indicators**, v. 45, p. 160–170, 2014.

RIBEIRO, José Felipe; WALTER, Bruno Machado. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. In.: SANO, S. M; ALMEIDA, S. P; RIBEIRO, J. F. **Ecologia e flora**. Brasília: EMBRAPA, 2008. v. 1, p. 152-212.

ROCHA, Genival Fernandes; FERREIRA Jr., Laerte Guimarães; FERREIRA, Nilson Clementino; FERREIRA, Manuel Eduardo. Detecção de desmatamentos no bioma Cerrado entre 2002 e 2009: padrões, tendências e impactos. **Revista Brasileira de Cartografia**, n.63/3, p. 341-349, 2011.

RODRIGUES, Dayse Mysmar Tavares; MIZIARA, Fausto. Expansão da fronteira agrícola: a intensificação da pecuária bovina no Estado de Goiás. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 1, p. 14-20, 2008.

SÁNCHEZ, Luiz Enrique. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2. ed São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANO, Edson Eyji; DAMBRÓS, Luiz Alberto, OLIVEIRA, Geraldo César, BRITES, Ricardo Seixas. Padrões de cobertura de solos do Estado de Goiás. In: FERREIRA Jr., Laerte Guimarães (Org.). **A encruzilhada socioambiental – biodiversidade, economia e sustentabilidade no cerrado**. Goiânia: Câne/Cegraf-UFG, 2008. Cap 3. p.91-125.

SANO, Edson Eyji; ROSA, Roberto; BRITO, Jorge; FERREIRA, Laerte Guimarães. Land cover mapping of the tropical savanna region in Brazil. **Environmental monitoring and assessment**, v. 166, n. 1-4, p. 113-124, 2010.

SANTANA, Neiva Maria Pio; CASTRO, Selma Simões de; STONE, Luis Fernando; SILVA, Silvando Carlos da. Chuvas, erosividade, erodibilidade, uso do solo e suas relações com focos erosivos lineares na alta bacia do rio Araguaia. **Sociedade & Natureza**, v. 19, n. 2, p. 103-121, 2007.

SANTOS, Fernando Pereira dos. **Formação e Expansão da Fronteira Agrícola em Goiás: A Construção de Indicadores de Modernização**. Tese de Doutorado. Programa de Doutorado em Ciências Ambientais. Universidade Federal de Goiás, 2010.

SCOPEL, Iraci; SOUSA, Marluce Silva; PEXINHO, Dimas Moraes; MARIANO, Zilda de Fátima. **Desenvolvimento tecnológico na produção de soja e seu impacto sobre o trabalho na região sul de Goiás**. In: VI Seminário Latino-Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física, 2010, Coimbra. VI Seminário Latino-

Americano de Geografia Física e II Seminário Ibero-Americano de Geografia Física. Coimbra: UC, 2010.

SEPLAN, Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento; Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação. **Goiás em dados 2003**. Goiânia: SEPLAN, 2003.

SEPLAN, Secretaria do Planejamento e Desenvolvimento; Superintendência de Estatística, Pesquisa e Informação. **Goiás em dados 2013**. Goiânia: SEPLAN, 2013.

SEGPLAN, Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Índice de Desempenho dos Municípios Goianos IDM – 2010**. Goiânia: SEGPLAN, 2013.

SEGPLAN, Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento. **Cenário Socioeconômico e Ambiental**. Goiânia: SEGPLAN, 2015.

SILVA, Elaine Barbosa, FERREIRA Jr, Laerte. Taxas de desmatamento e produção agropecuária em Goiás - 2003 a 2007. **Mercator**, v.9, n.18, p.121-134, 2010.

SMITH, Joyotee; GALLOPÍN, Gilberto; WINOGRAD, Manuel; PACHICO, Douglas. Dynamics of the agricultural frontier in the Amazon and savannas of Brazil: analyzing the impact of policy and technology. **Environmental Modeling & Assessment**, v. 3, n. 1-2, p. 31-46, 1998.

STAVI, Ilan; BARKAI, Daniel; KNOLL, Yaakov; ZAADY, Eli. Livestock grazing impact on soil wettability and erosion risk in post-fire agricultural lands. **Science of The Total Environment**, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.03.126>> Acesso em: 01/6/2016.

TEIXEIRA, Jodenir Calixto. Modernização da agricultura no Brasil: Impactos Econômicos, Sociais e Ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros**, Três Lagoas-MS, v. 2, n.º 2, p.21-42, Setembro. 2005.

TEIXEIRA, Jodenir Calixto; HESPANHOL, Antônio Nivaldo. A Região Centro-Oeste no contexto das mudanças ocorridas no período pós-1960. **Revista Eletrônica AGB-TL**, v. 1, n. 3, p. 52-66, 2006.

TILMAN, David. Global environmental impacts of agricultural expansion: the need for sustainable and efficient practices. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 96, n. 11, p. 5995-6000, 1999.

VAN BELLEN, Hans Michael. **Indicadores de sustentabilidade: uma análise comparativa**. FGV Editora, 2005.

VAN DER WERF, Hayo. Assessing the impact of pesticides on the environment. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 60, n. 2, p. 81-96, 1996.

WEATHERS, Kathleen; LIKENS, Gene; STRAYER, David. **Fundamentos de Ciência dos Ecossistemas**. Elsevier Brasil. 2014