

## **Análise espaço-temporal das culturas de milho, soja e cana no estado de Goiás no período de 1990 a 2011 com a utilização das geotecnologias**

Felipe Gonçalves Amaral<sup>1</sup>  
Romulo Rangel da Conceição<sup>1</sup>  
Diego Vicente Sperle da Silva<sup>2</sup>  
Carla Bernadete Madureira Cruz<sup>3</sup>  
Phillipe Valente Cardoso<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Graduação em Ciências Matemáticas e da Terra – Sensoriamento Remoto e Geoprocessamento/UFRJ;

<sup>2</sup> Licenciatura em Geografia/UFRJ

<sup>3</sup> Professora Dra. do Departamento de Geografia/UFRJ

<sup>4</sup> Mestre do Departamento de Geografia/UFRRJ

Laboratório Espaço de Sensoriamento Remoto e Estudos Ambientais  
219490-900 – Rio de Janeiro – RJ, Brasil

**Abstract:** The state of Goiás is one of the largest agricultural producers in the country, agriculture is the flagship of the state development process (Vieira, N.M). The soybean, being set at Goiás since the 70s and also have a high market value and because it is one of Brazil's most exported products. The cane, to be growing in the area, reflecting the mosaic of cultures and Goiás economy in recent years. The significant increase in production is the result of the installation of dozens of plants of the sugarcane industry in Goiás, given the growing demand for derivatives products such as ethanol and sugar. And the Corn, presents a different cropping pattern, since their planting usually occurs in the form of off-season, that is, in the intervals of soybean crops; however this is not a rule. There is also a peculiarity in this culture, which is the time between planting and harvesting, which is relatively short. With this, the spatial dynamics of growing corn tends to be more expressive. The chosen time frame includes a period of 21 years beginning in 1990 and ending in 2011. Because it is a spatial-temporal analysis of the cultures, this period turns ideal, since it includes political, technical and economic realities that were changing, favoring the dynamic visualization of these cultures in the state of Goiás. The objective is to analyze the spatial-temporal behavior of the corn, soybeans and sugarcane in the state of Goiás in the period 1990-2011 using geotechnology.

**Palavras-chave:** Soybean, Sugar-Cane, Corn, Geotechnology, Geoprocessing, Soja, Cana, Milho, Geotecnologia, Geoprocessamento, Representação Espacial

### **1. Introdução**

O estado de Goiás é um dos maiores produtores rurais do país, sendo a agricultura o carro-chefe do processo de desenvolvimento do estado. No início ela esteve voltada para o autoconsumo, mas a partir dos anos 70, e, principalmente dos anos 80, a industrialização ganhou força no campo (Vieira, N.M.). O sudoeste goiano é também alvo de um projeto integrado do CNPq, denominado “casadinho”, com as parcerias da UFRJ e da UFG, que foca a análise das mudanças na agricultura considerando o panorama sucroenergético no estado. Foram selecionadas 3 importantes culturas na área, a soja, a cana e o milho. No caso da soja, por estar estabelecida em Goiás desde a década de 70 e também por possuir um alto valor no mercado e pelo fato de ser um dos produtos mais exportados do Brasil. A cana de açúcar, por estar crescendo na área, refletindo no mosaico de cultivos e na economia goiana nos últimos anos. A produção da cana saltou de 10,1 milhões de toneladas em 2000 para 48,000 milhões de toneladas em 2010, com uma expansão de 372,3%. A área colhida de cana no mesmo período cresceu 315,7%. O expressivo aumento na produção é resultado da instalação de dezenas de usinas do setor sucroenergético em Goiás, atendendo ao crescimento da demanda pelos derivados do produto como etanol e açúcar. O milho, apresenta um padrão diferente de cultivo, visto que geralmente seu plantio ocorre na forma de safrinha, ou seja, nos intervalos das safras de soja; entretanto isto não é uma regra. Também há uma peculiaridade nesta cultura, que é o tempo entre o plantio e a colheita,

que é relativamente curto. Com isso, a dinâmica espacial do plantio de milho tende a ser mais expressiva.

O recorte temporal escolhido abrange um período de 21 anos, começando em 1990 e terminando em 2011. Por se tratar de uma análise espaço-temporal dos cultivos, este período de tempo se torna ideal, já que engloba políticas, técnicas e realidades econômicas que foram se modificando, favorecendo a visualização da dinâmica destes cultivos no estado de Goiás.

Essas três culturas se relacionam devido ao fato de ocuparem vastas porções territoriais do estado de Goiás, com isso, ocorre à convergência ou divergência desses cultivos, além da forte influência do mercado e de políticas governamentais que mudam frequentemente estas dinâmicas de expansão e retração do milho, da soja e da cana. Soma-se a tudo isso a questão climática, que é um fator considerado de baixa previsibilidade que também pode alterar bruscamente toda essa dinâmica.

## 2. Objetivos:

Analisar o comportamento espaço-temporal das culturas de milho, soja e cana no estado de Goiás no período de 1990 a 2011, procurando-se compreender:

- A dinâmica das três culturas no estado de Goiás nesses 21 anos.
- As trajetórias evolutivas no estado, através do mapeamento de seus centros de massa para cada ano.
- Os períodos de crescimento ou a estagnação dessas culturas através da análise da velocidade e aceleração da variável Área Plantada.

## 3. Área de Estudo:

Goiás é um Estado privilegiado em extensão territorial e recursos hídricos. Com 340.086,698 km<sup>2</sup>, representando 4,0% do território nacional, Goiás é o sétimo estado do país em extensão territorial. É contemplado com três regiões hidrográficas diferentes, com solo predominantemente do grupo latossolo e relevo de baixa declividade em sua maior parte, formado por terras planas (chapadões). O clima apresenta duas estações bem definidas, com um período chuvoso e outro com baixos índices pluviométricos. A vegetação é predominantemente formada por cerrado. A figura 1 apresenta a divisão territorial em municípios do estado de Goiás.

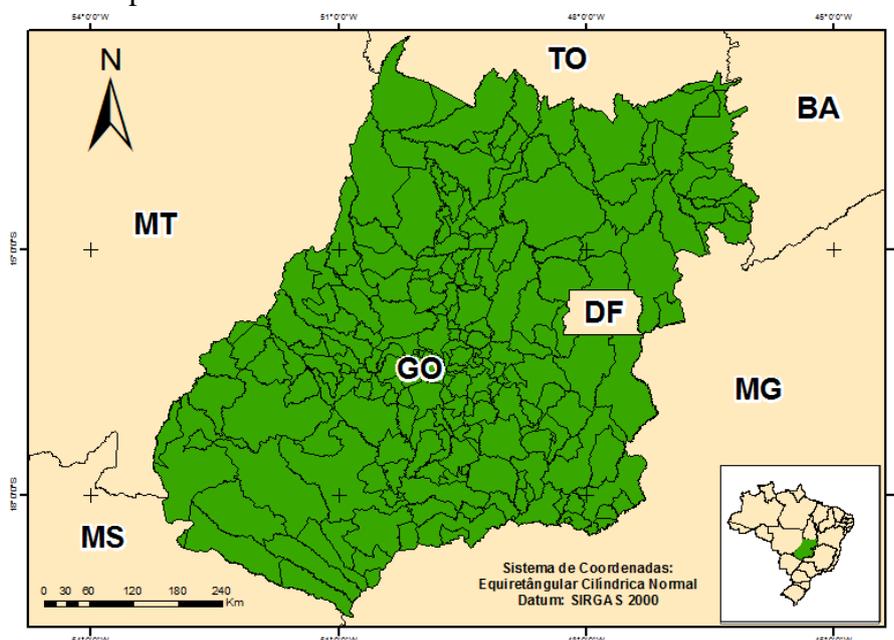


Figura 1: Divisão Municipal de Goiás 1990

A base territorial adotada nas análises foi a de 1990. Esse artifício foi necessário para que durante os 21 anos de análise fosse considerada um único conjunto de municípios. Para isso foram trabalhadas todas as bases territoriais que apresentavam mudanças espaciais devido a emancipações. Em 1990, no início do período de estudo, Goiás possuía 212 municípios e em 2012, no final, ele já apresentava 246 municípios.

#### 4. Matérias e Métodos:

Para traçar o comportamento da expansão, estagnação ou regressão da cultura de milho, soja e cana, foi considerada a variável censitária Área Plantada destas culturas, fornecida pela base SIDRA do IBGE.

A Área Plantada representa a área em hectare (ha) que cada produto agrícola ocupa, considerando-se os diferentes tipos de cultivo existentes: simples, associado e intercalado.

Devido os dados fornecidos pelo SIDRA estarem na base municipal atual do estado de Goiás, foi necessário realizar um procedimento de compatibilização de limites e atributos com referência na base municipal de 1990. Para manter a linearidade e coerência dos dados, os valores referentes aos municípios criados após 1990 foram reintegrados aos municípios dos quais faziam parte.

Para poder visualizar o padrão temporal da Área Plantada de cada uma das culturas no estado foi construído um gráfico que mostra a Área Plantada ano a ano de cada uma das culturas nos 21 anos.

O método usado para o estudo da dinâmica espacial anual das culturas foi a criação de um mapa de trajetórias a partir das bases vetoriais e das bases de dados utilizando os softwares ArcGis 10.1 e Excel 2013.

O fluxograma apresentado na figura 2 mostra o passo a passo para a criação dos mapas de trajetórias.

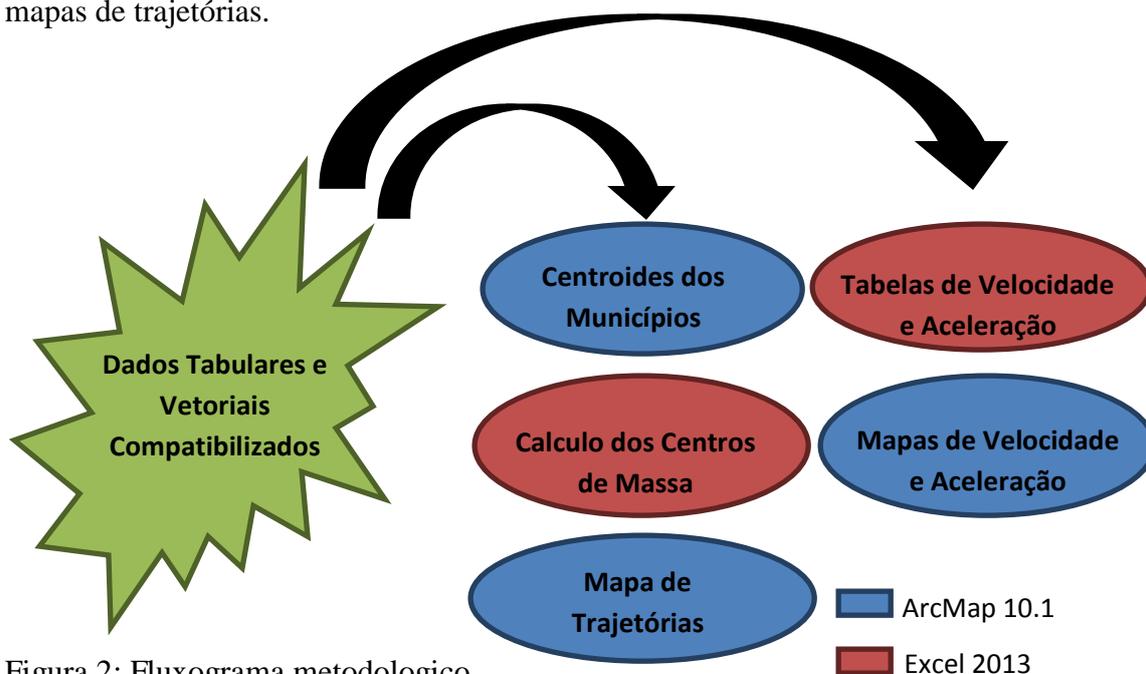


Figura 2: Fluxograma metodológico

Para realizar o cálculo dos centros de massa a partir da extração dos centroides usou-se uma média ponderada das coordenadas do centro geométrico de cada município. As equações (1) e (2) (Hermuche, 2013) apresentam a forma de calcular as latitudes e longitudes médias anuais.

$$\varphi_{media} = \frac{\sum(\varphi_{mun.}(x))}{\sum(x)} \quad (1) \quad \lambda_{media} = \frac{\sum(\lambda_{mun.}(x))}{\sum(x)} \quad (2)$$

$\varphi_{media}$  = latitude média do estado no ano  
 $\varphi_{mun}$  = latitude do centroide do município  
 $x$  = Área Plantada anual em ha  
 $\lambda_{media}$  = longitude média do estado no ano  
 $\lambda_{mun}$  = longitude do centroide do município

A criação de mapas de velocidade e aceleração auxiliaram no entendimento da dinâmica dos centros de massa, deixando explícito o quão rápido esse centro de massa se desloca e qual a direção desse deslocamento. Os mapas síntese da velocidade foram criados para intervalos de três anos de modo a se ter uma melhor percepção das mudanças. As equações 3 e 4 apresentam a formulação da aceleração aplicada a todas as unidades municipais. O mapeamento dessa variável intercalou os períodos representados pela velocidade.

$$\begin{aligned} & \text{Velocidade Média} \\ & = \frac{\text{Área Plantada do ano final} - \text{Área Plantada do ano inicial}}{\text{Tempo final} - \text{Tempo inicial}} \quad (3) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & \text{Variação da Velocidade Média} \\ & = \frac{\text{Velocidade do ano final} - \text{Velocidade do ano inicial}}{\text{Tempo final} - \text{Tempo inicial}} \quad (4) \end{aligned}$$

## 5. Resultados:

Comparativamente, a Área Plantada das três culturas ao longo de 21 anos, apresentaram características distintas. O milho, apresentou o menor variação durante o período entre as três culturas. A soja que originalmente apresentava a maior Área Plantada absoluta em todo período, percebe-se também que a partir dos anos 2000 a Cana se fixa no estado e inicia um crescimento contínuo até o final do período de estudo. O gráfico 1, representa a dinâmica das culturas no estado no período em estudo

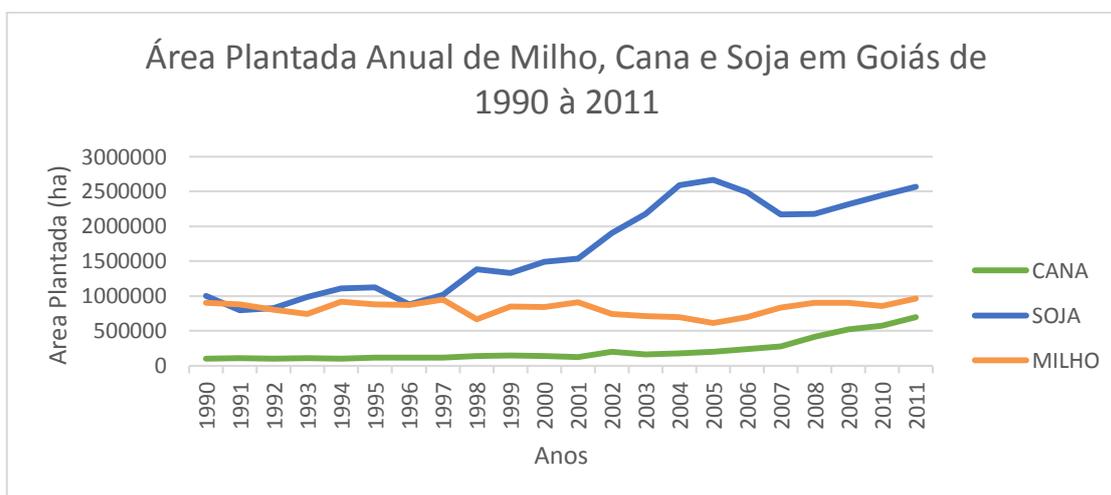


Gráfico 1: Análise da Dinâmica da Cana, do Milho e da Soja no estado

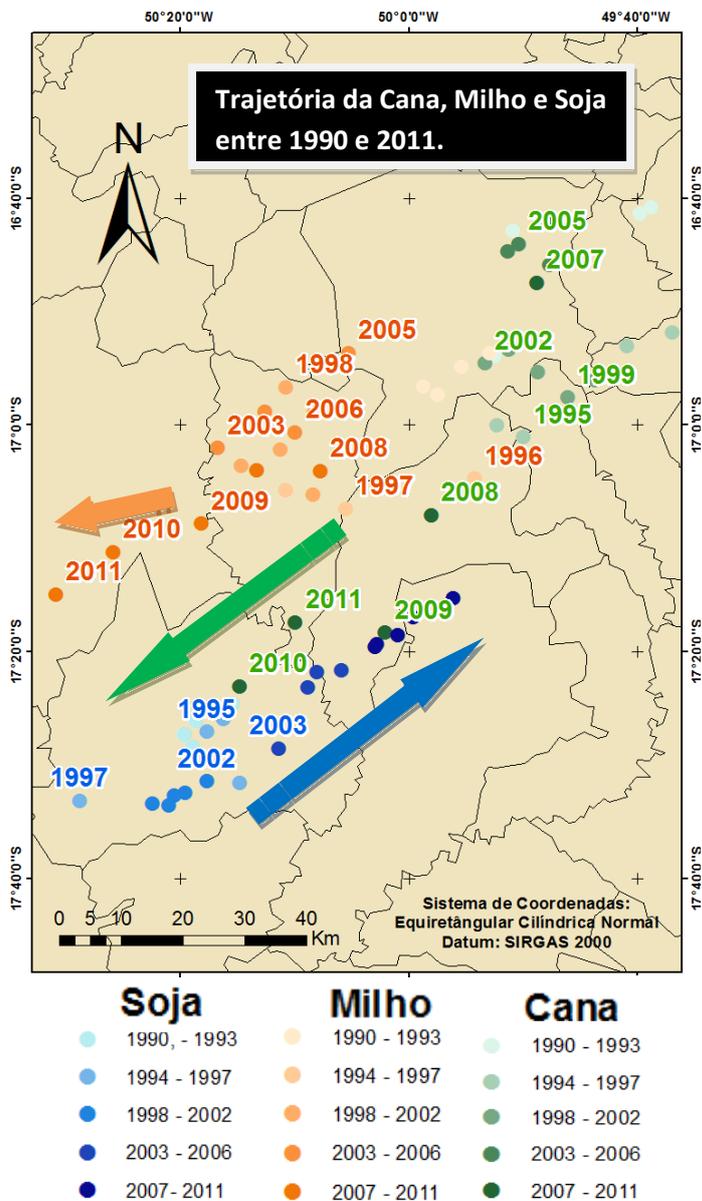


Figura 3: Mapa de Trajetórias

Entendendo a dinâmica espacial do estado no período surgiram várias perguntas como por exemplo o quão rápido e por que o centro de massa da cultura se desloca para uma região, e como os estados que “puxam” esse centro de massa se compartilham nesses 21 anos, para entender isso os mapas de velocidade para cada cultura foram gerados e eles tendem a confirmar e ao mesmo tempo justificar como os centros de massa se comportam e como se deslocam. Comparando a Figura 3 e Figura 4, que apresenta dois mapas de velocidade da Cana, pode-se perceber que nos períodos iniciais do estudo a Cana se mantém estagnada em quase todo estado e por isso o centro de massa pouco se move, já no final do período o sul e o sudoeste de Goiás possuem um crescimento expressivo que influencia diretamente na trajetória do centro de massa também para sudoeste. No caso da Soja, comparando as figuras 3 e 5 podemos observar que o sudoeste tem crescimento expressivo no início do período e ocorre uma redução nos períodos finais e a parte leste do estado tende a crescer por isso o centro de massa se desloca para nordeste mais ainda sem deslocamentos bruscos. O milho que aparece na figura 6 comparado com sua trajetória na figura 3 percebe-se que ele sempre tende a

A análise das trajetórias feitas a partir dos centros de massa encontrados para as três culturas de ano a ano, mostra que cada uma está distribuída espacialmente diferente dentro do estado. A partir da figura 3, observamos que a cana possui uma tendência desde o início do período de estudo a ir para sudoeste, que era o esperado já que a inserção da cana na área é uma das motivações do trabalho, tomando o lugar da soja nesses locais. Por sua vez a soja vai para o sentido contrário, em direção nordeste também desde o início do período de estudo que pode estar ligada diretamente a chegada da cana mais ao sul. O milho possui um comportamento mais estático no início do período e passa a se deslocar à direção leste a partir de 2009, o que pode estar vinculado à provável mudança na forma de plantio, que antes, era predominantemente safrinha, contudo, a inserção da safra normal de milho está sendo difundida nos últimos anos.

sudoeste, mas entre 2008 e 2011 o crescimento para sudoeste aumenta e por isso sua trajetória se desloca a sudoeste mais expressivamente, mas diferentemente da cana o milho fixa-se nos estados mais a oeste.

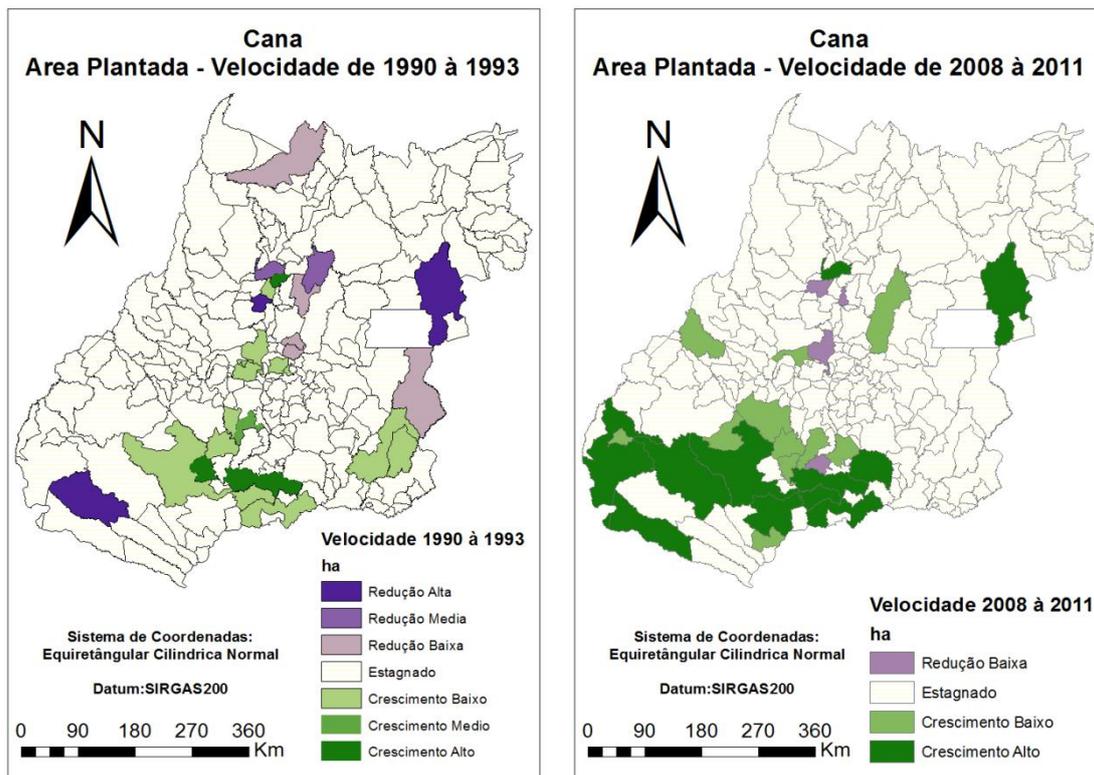


Figura 4: Velocidade do Crescimento da Área Plantada de Cana em Goiás

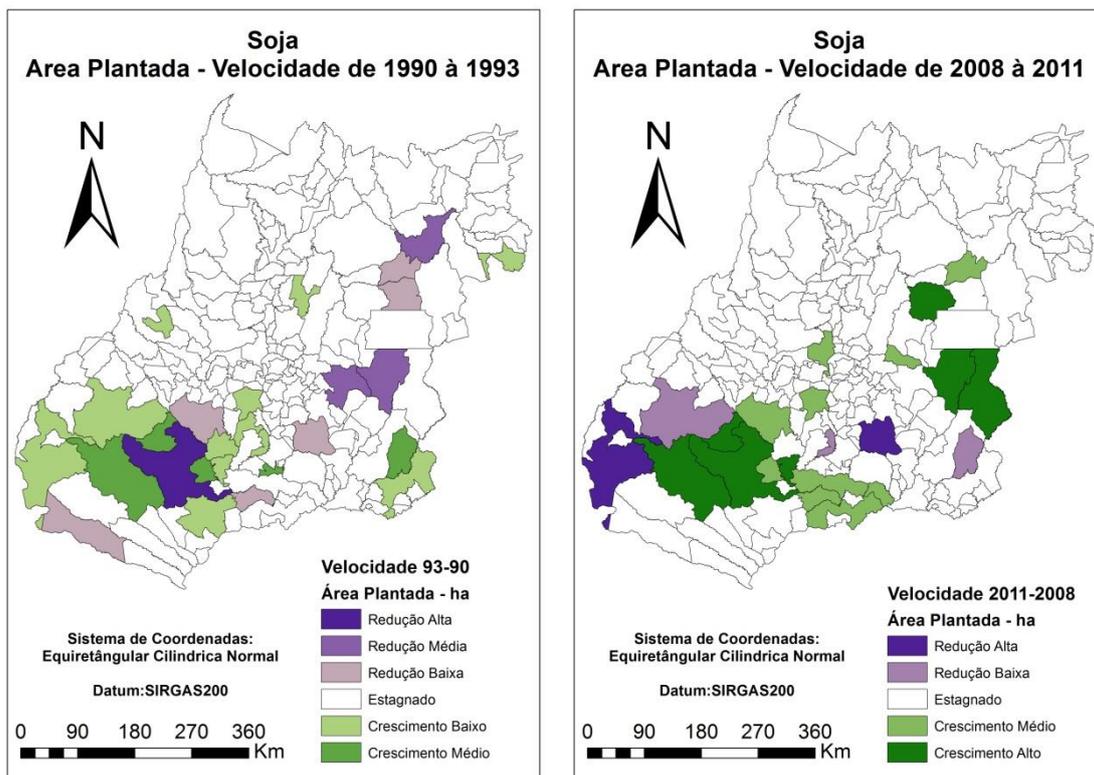


Figura 5: Velocidade do Crescimento da Área Plantada de Soja em Goiás

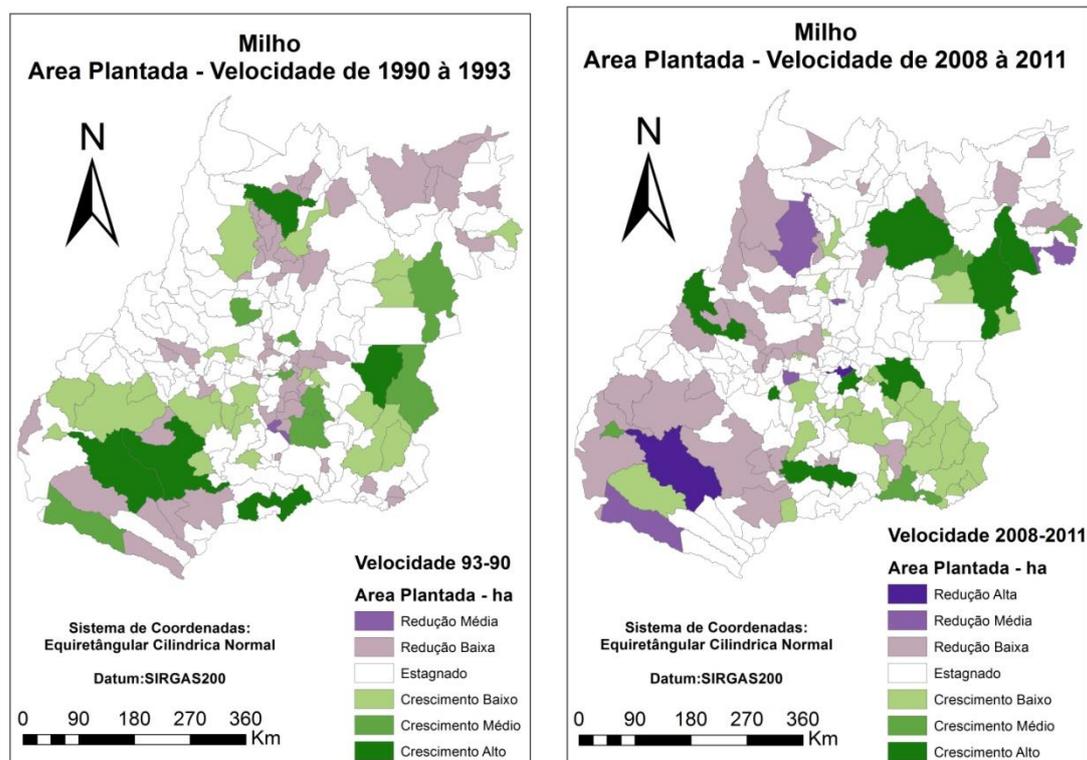
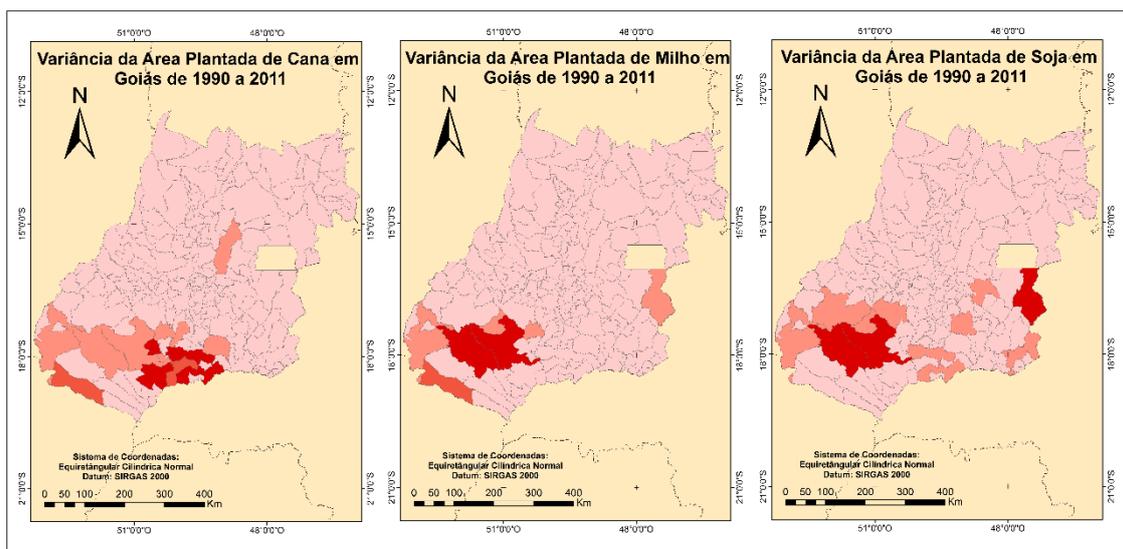


Figura 6: Velocidade do Crescimento da Área Plantada de Milho em Goiás

A partir dessas análises de velocidade de crescimento percebeu-se que as áreas do sudoeste de Goiás foram as que mais apresentaram transformações espaciais quanto ao plantio de Cana, Milho e Soja, para representar espacialmente essa afirmação os mapas da figura 7 mostram os municípios com maior variância entre 1990 e 2011 assim confirmando o que os mapas anteriores apresentavam.



**Legenda**

- Variância Muito Baixa
- Variância Baixa
- Variância Média
- Variância Alta

Figura 7: Análise da Variância total para as culturas

Como análise final o município de Rio Verde, município do sudoeste de Goiás, foi escolhido para apresentar sua dinâmica levando em conta o plantio dessas culturas. O gráfico 2 abaixo mostra como esse comportamento aconteceu e evidencia a subida da Cana na região, e mostra também como a Soja é dominante ainda na região.

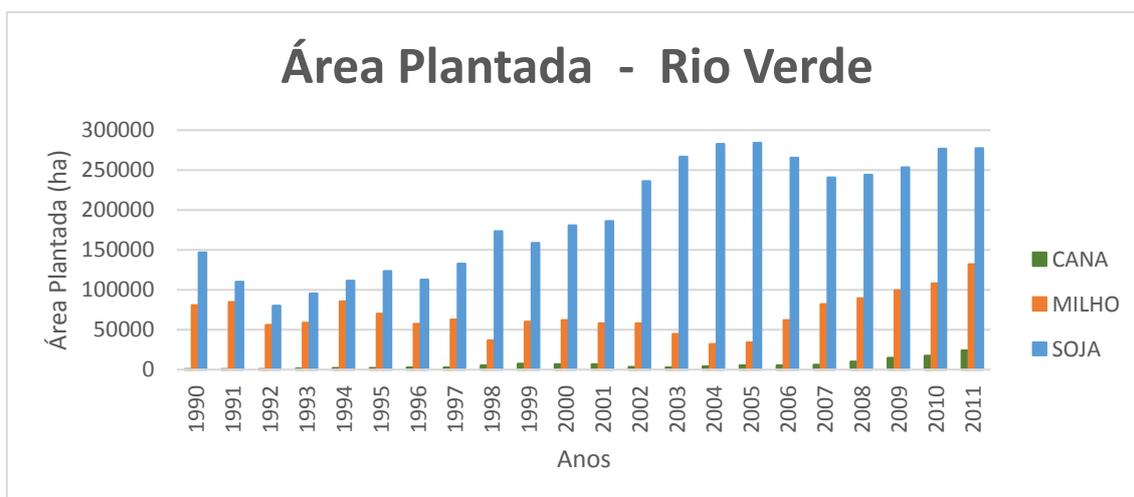


Gráfico 2: Distribuição do plantio no município Rio Verde

## 6. Conclusão

Os métodos usados para entender a dinâmica espaço-temporal do estado foram bem sucedidos e com eles consegue entender o quanto as culturas estão presentes no estado, onde e como aconteceram as mudanças nesses 21 anos. As próximas etapas são comparar os resultados obtidos pelos processamentos desses dados geográficos com imagens de Goiás e para entender melhor os motivos e as consequências dos deslocamentos dessas culturas no estado politicamente, economicamente e socialmente. Além disso, começar a partir dos centros de massa gerados prever par onde essas culturas tendem a ir a partir de agora e atualizar essas informações para 2014.

## 7. Bibliografia:

- Vieira, N.M. **Caracterização da cadeia produtiva da soja em Goiás**. Florianópolis. 2002
- Goiás em Dados 2011** / Secretaria de Estado de Gestão e Planejamento; Superintendência de Estatísticas, Pesquisa e Informações Socioeconômicas - Goiânia: SEGPLAN, 2011 106 p.; il.
- Pesquisas agropecuárias** / IBGE, Departamento de Agropecuária. – 2. ed. – Rio de Janeiro - IBGE, 2002.92p. – (Relatórios metodológicos, ISSN 0101-2843; v. 6)
- Couto, Gisleide da Silva. **Cana-de-açúcar em Goiás problema ou potencialidade**
- Picoli, M. C. A. **Estimativa da produtividade agrícola da cana-de-açúcar utilizando agregados de redes neurais artificiais: estudo de caso usina Catanduva** - São José dos Campos: INPE, 2006
- IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sistema IBGE de Recuperação Automática**. Disponível em [www.sidra.ibge.gov.br/](http://www.sidra.ibge.gov.br/)
- HERMUCHE, POTIRA MEIRELLES. **Dinâmica espacial da produção de ovinos naturalizados no Brasil no contexto da Paisagem Genética**. 2013
- ERTHAL, Rui. **Os Complexos Agroindustriais no Brasil – Seu Papel na Economia ena Organização do Espaço**. 2006
- EMBRAPA- **Cultivo de Milho**. Disponível em: [http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/manejomilho.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/manejomilho.htm)