



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**BRENNDA DA SILVA SOMBRA**

**ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES DE GASES CO<sub>2</sub>, O PIB  
AGRÍCOLA E A PRODUÇÃO DE MILHO DO CEARÁ NO PERÍODO DE 1990  
A 2022**

**FORTALEZA**

**2025**

BRENNNA DA SILVA SOMBRA

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES DE GASES CO<sub>2</sub>, O PIB  
AGRÍCOLA E A PRODUÇÃO DE MILHO DO CEARÁ NO PERÍODO DE  
1990 A 2022

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação de  
Agronomia do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco  
José Silva Tabosa

FORTALEZA

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Sistema de Bibliotecas  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

S676a Sombra, Brenna da Silva.

Análise de correlação entre as emissões de gases CO<sub>2</sub>, o PIB agrícola e a produção de milho do Ceará no período de 1990 a 2022 / Brenna da Silva Sombra. – 2025.  
24 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Curso de Agronomia, Fortaleza, 2025.

Orientação: Prof. Dr. Francisco José Silva Tabosa.

1. Setor agropecuário. 2. Emissão de CO<sub>2</sub>. 3. Avanço tecnológico. 4. Economia rural. I. Título.  
CDD 630

---

BRENNA DA SILVA SOMBRA

ANÁLISE DE CORRELAÇÃO ENTRE AS EMISSÕES DE GASES CO<sub>2</sub>, O PIB  
AGRÍCOLA E A PRODUÇÃO DE MILHO DO CEARÁ NO PERÍODO DE  
1990 A 2022

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado ao Curso de Graduação de  
Agronomia do Centro de Ciências  
Agrárias da Universidade Federal do  
Ceará, como requisito parcial à obtenção  
do título de Bacharel em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Francisco  
José Silva Tabosa

Aprovada em: 21/02/2025.

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Francisco José Silva Tabosa (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Nicolle Maria Cruz Maninho  
Engenheira agrônoma

---

Francisca Ingrid Gouveia Ferreira  
Doutoranda em Economia Rural  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Emanuelle e Clebio.

Aos meus avós, Maria Helena e João.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e saúde concedidas, dia após dia ao longo dessa caminhada acadêmica, permitindo-me concluir esta etapa da minha vida com dedicação e perseverança.

Agradeço a minha família por todo apoio e amor incondicional que me foi dado ao longo da minha vida e especialmente por acreditarem em mim na minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, Emanuelle e Clebio, meu eterno amor e gratidão. Aos meus irmãos, Brunna e Pedro, minha eterna dedicação e companheirismo. Aos meus avós, Maria Helena e João, minha profunda gratidão com minha criação. Aos meus tios e primos que compõem minha família, Eryka, Rodrigo, Eleandro, Kaick, Kayro e Kallebe, minha gratidão pelo amor compartilhado, convivência e amizade.

Agradeço aos meus amigos de vida, Rebeca, Leticia, Thayanne, Clayde, Adelson e Felipe por todos os momentos compartilhados desde a infância e todo o apoio durante essa caminhada, seu apoio, incentivo e amizade incondicional foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Aos meus amigos de curso Dylia, Beatriz, Karine, Nicolle, Jennifer, Dejaime, Breno, Ivan, Hiago (*in memoriam*), Marcela, Fernando e Daniel, obrigada por todos os momentos vividos durante esse momento. Foram anos de desafios, aprendizado e superação, mas também de risadas, companheirismo e apoio incondicional. Cada conversa, estudo em grupo e desabafo fez toda a diferença para que essa caminhada fosse mais leve e especial.

Agradeço ao grupo de estudo de agroecologia (GAUFC), por me acolherem durante o curso. Partilhar momentos e ideias com vocês foi importante para minha jornada pessoal e acadêmica.

Por fim, agradeço ao Professor Dr. Francisco José Silva Tabosa por me auxiliar nesse estudo, expresso minha sincera gratidão pela orientação, paciência e dedicação ao longo desta pesquisa.

“Não procure fora de si aquilo que só  
pode ser encontrado dentro.” (RUMI).

## RESUMO

O setor agropecuário tem um papel essencial na economia do Ceará, representando uma significativa parcela do Produto Interno Bruto (PIB) estadual e sendo um dos principais responsáveis pela geração de emprego e renda, especialmente nas regiões rurais. No entanto, seu desenvolvimento está diretamente relacionado as condições climáticas. Este estudo analisa estatisticamente, a interação entre o crescimento do setor agropecuário cearense e as emissões de gases CO<sub>2</sub> (dióxido de carbono), no período de 1990 a 2022, através de dados do Produto Interno Bruto Agrícola e Produção de milho do estado do Ceará, buscando compreender como a modernização das práticas agrícolas que impulsionaram o aumento da emissão de gases impactaram a economia rural do Ceará. O estudo utilizou dados econômicos disponíveis no site Ipeadata e para obtenção de dados sobre as emissões de gases CO<sub>2</sub> foram obtidos da plataforma Sistema de Estimativa de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa (SEEG). Para análise estatística foi realizado o coeficiente de correlação, média, coeficiente de variação e desvio padrão. Os resultados do estudo indicam que para os valores de média, desvio padrão e coeficiente de variação para as variáveis PIB Agrícola e produção de milho indicam que existe uma oscilação considerável entre os anos, já para as emissões de gases, esta variação não é extrema. Para coeficiente de correlação, existe um valor positivo e forte entre a emissão de gases e PIB Agrícola, expressando que com o aumento de uma variável, a outra variável aumenta consideravelmente. Para a variável produção de milho, expressa que apesar de existir uma correlação linear positiva, esta é irrelevante.

**Palavras-chave:** Setor agropecuário; emissão de CO<sub>2</sub>; avanço tecnológico, economia rural.

## ABSTRACT

The agricultural sector plays an essential role in Ceará's economy, representing a significant share of the state's Gross Domestic Product (GDP) and being one of the main contributors to employment and income generation, especially in rural areas. However, its development is directly linked to climatic conditions. This study statistically analyzes the interaction between the growth of Ceará's agricultural sector and CO<sub>2</sub> (carbon dioxide) emissions from 1990 to 2022, using data on the state's Agricultural GDP and corn production. The objective is to understand how the modernization of agricultural practices, which drove the increase in gas emissions, impacted Ceará's rural economy. The study utilized economic data available on the Ipeadata website, while data on CO<sub>2</sub> emissions were obtained from the Greenhouse Gas Emissions and Removals Estimation System (SEEG) platform. For statistical analysis, correlation coefficient, mean, coefficient of variation, and standard deviation were applied. The study results indicate that the mean, standard deviation, and coefficient of variation values for the Agricultural GDP and corn production variables show considerable fluctuation over the years, whereas gas emissions do not exhibit extreme variation. Regarding the correlation coefficient, there is a strong positive correlation between gas emissions and Agricultural GDP, meaning that as one variable increases, the other increases significantly. However, for the corn production variable, although a positive linear correlation exists, it is considered irrelevant.

**Keywords:** Agricultural sector, CO<sub>2</sub> emission, technological advancement, rural economy.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Relação do PIB Agrícola e Produção de milho (em toneladas) com a emissão de gases de CO <sub>2</sub> .....	21
Tabela 2	- Análise estatística da relação do PIB Agrícola e produção de milho (em toneladas) com a emissão de CO <sub>2</sub> .....	23

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PIB	Produto Interno Bruto
GEE	Gases do Efeito Estufa
SEEG	Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases do Efeito Estufa
IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
2	ECONOMIA RURAL DO CEARÁ.....	15
2.1	SETOR AGROPECUÁRIO.....	16
2.1.1	PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO CEARÁ.....	16
2.1.2	PRODUÇÃO DE MILHO NO CEARÁ.....	17
2.2	RELAÇÃO DA AGRICULTURA COM A EMISSÃO DE GASES DE CO <sub>2</sub> .....	18
3	METODOLOGIA .....	19
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	21
5	CONCLUSÃO.....	24
	REFERÊNCIAS.....	25

## 1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas são transformações que acontecem ao longo do tempo que geram alterações no clima e temperatura de regiões. As Nações Unidas Brasil (2020) afirmam que essas alterações podem ser de forma natural, acontece que, com a globalização e incremento tecnológico essas mudanças foram se intensificando a partir do excesso das atividades humanas que aceleram o aumento dessas mudanças devido, principalmente, a queima de combustíveis fósseis que emitem gases que aumentam o efeito estufa.

A aceleração do efeito estufa gera um aumento da temperatura em decorrência da liberação de gases na atmosfera que causam um efeito de cobertor que retém mais calor e conseqüentemente aumenta a temperatura da terra. Um dos principais gases de efeito estufa (GEEs) é o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) que pode permanecer por até 1.000 anos e serve como base de comparação, para potencial de aquecimento global (PAG) igual a um. Essas características destacam o impacto danoso da emissão de gases no aquecimento global, evidenciando a importância de abordagens específicas para mitigação climática (UNEP, 2022).

A agricultura contribui para as emissões de CO<sub>2</sub> de diversas formas, sendo uma das principais o desmatamento para expansão das áreas cultiváveis, que libera grandes quantidades de carbono armazenado na vegetação e no solo. O uso de maquinário agrícola, como tratores e colheitadeiras movidos a combustíveis fósseis, também gera emissões significativas. Além disso, a produção e aplicação de fertilizantes e defensivos agrícolas consomem muita energia, frequentemente derivada da queima de combustíveis, intensificando o problema. Práticas como o revolvimento do solo liberam CO<sub>2</sub> armazenado, agravando a situação. O transporte e o processamento dos alimentos também adicionam mais emissões, especialmente quando dependem de fontes fósseis de energia. Essas emissões tornam a agricultura um dos setores mais impactantes no aquecimento global.

A economia agrícola é de suma importância para o crescimento econômico do estado do Ceará, é essencial para o desenvolvimento regional, pois garante a segurança alimentar, gera empregos e renda, impulsiona o crescimento econômico e fornece matérias-primas para diversas indústrias, sendo um setor de contribuição para o Produto Interno Bruto (PIB). Nessa perspectiva é sabido que a agropecuária é um grande meio de

emissão de gases poluentes e investigar o seu impacto na economia se torna questionável em virtude do aumento acelerado do efeito estufa.

Sendo assim, o presente trabalho tem como objetivo analisar dados do período de 1990 a 2022 da economia rural cearense e da relação de emissão de CO<sub>2</sub>, para avaliar o nível de correlação de ambos, baseado em uma análise estatística.

## **CONOMIA RURAL DO CEARÁ**

O Produto Interno Bruto do Ceará (PIB) é baseado em três grandes setores que contribuem para a soma do valor final: Agropecuária, Indústria e Serviços.

O setor de Serviço é o principal motor da economia do Ceará, sendo responsável por mais de 70% do PIB estadual, impulsionado por atividades como comércio, turismo e serviços públicos. Essa predominância reflete a urbanização e a diversificação econômica do estado, que tem a cidade de Fortaleza como um importante centro de negócios e serviços. O setor Industrial, por sua vez, representa cerca de 20% do PIB, destacando-se em áreas como a indústria de transformação, construção civil e energia, com polos industriais importantes em regiões como o Complexo Industrial e Portuário do Pecém. Em contraste, o setor Agropecuário tem a menor participação na economia cearense, contribuindo com cerca de 6% do PIB, devido às condições climáticas adversas e à predominância de uma agricultura de menor escala. Apesar disso, a agropecuária segue sendo relevante para a geração de empregos no interior do estado e para a segurança alimentar da população (IPECE, 2024).

Em 2022, o Ceará representou 2,12% do PIB nacional, ocupando a 13ª posição no Brasil e a 3ª no Nordeste, apesar de ter registrado uma leve queda de 0,04 ponto percentual (p.p.) em relação a 2021. Observando a evolução da participação ao longo do tempo, o estado apresentou um crescimento significativo, com um aumento de 0,19 p.p. entre 2002 e 2022, sendo o décimo maior avanço no país. No período mais recente, de 2010 a 2022, a expansão foi de 0,08 p.p., mantendo o Ceará entre os dez estados que mais ampliaram sua participação na economia nacional (IPECE, 2024).

Esses dados mostram que, apesar da leve queda na participação do PIB em 2022 em relação a 2021, o Ceará apresentou um crescimento significativo ao longo das últimas duas décadas. Com um aumento de 0,19 pontos percentuais (p.p.) entre 2002 e 2022, o estado ficou entre os dez com maior ganho de participação no PIB nacional. No período mais recente, entre 2010 e 2022, a expansão foi de 0,08 p.p., afirma o IPECE, consolidando o Ceará como um dos estados que mais ampliaram sua relevância econômica no país. Além disso, sua posição como terceiro maior PIB do Nordeste reforça a importância do estado na economia da região. Isso demonstra uma trajetória de crescimento sustentado, impulsionado principalmente pelos setores de serviços e indústria.

## 2.1 Setor Agropecuário

O setor agropecuário no Ceará é o menos expressivo na economia do Estado, devido a desafios estruturais e climáticos. A principal limitação do setor é a irregularidade climática, pois grande parte do Ceará está no semiárido, onde a escassez de chuvas impacta negativamente a produção. A dependência da agricultura de sequeiro (sem irrigação) torna os produtores vulneráveis às estiagens. Além disso, a baixa mecanização e infraestrutura deficiente dificultam a competitividade do setor. Para impulsionar o setor agropecuário cearense, são necessários investimentos em tecnologia adaptada ao semiárido, ampliação da irrigação e assistência técnica aos produtores, além da melhoria na infraestrutura logística para facilitar o escoamento da produção. No entanto, ele continua sendo essencial para a segurança alimentar e o abastecimento do mercado interno.

A agropecuária cearense é caracterizada pela agricultura familiar, com destaque para o cultivo de milho, feijão, mandioca e frutas tropicais, além da pecuária de corte e leiteira. Em 2022, o setor registrou um crescimento de 7,7%, demonstrando sinais de recuperação após uma queda de 4,9% em 2021 (IPECE, 2024).

Apesar das dificuldades enfrentadas, o estado consegue se sobressair e apresentar formas para contribuição do setor agrícola, a atividade enfrenta, de fato, desafios como a escassez hídrica, solo arenoso em algumas áreas e a necessidade de investimentos em infraestrutura e tecnologia para aumentar a produtividade. No entanto, algumas cadeias produtivas têm se destacado, especialmente nas áreas de fruticultura irrigada, caprinocultura, avicultura e pesca.

Segundo a Confederação de Agricultura e Pecuária do Brasil (CNA, 2023), o setor agropecuário do Ceará registrou um crescimento de 7,7% em 2022, após uma queda de 4,9% em 2021, destacando-se como o setor com maior avanço no PIB estadual. No acumulado de 2010 a 2022, o setor agropecuário cearense apresentou um crescimento de 63,30%, superando as médias do Nordeste e do Brasil, que foram de 38,19% e 33,57%, respectivamente. Em 2022, a participação do setor agropecuário no valor adicionado total do estado foi de 5,82%, representando uma redução de 0,41 pontos percentuais em relação a 2021 (IPECE, 2024).

### ***2.1.1 Produção agrícola do Ceará***

De acordo com a CNA (2024), a agricultura cearense é marcada por uma diversidade de culturas que se destacam tanto na produção de grãos quanto na fruticultura. Entre as principais, o milho e o feijão lideram a produção de grãos, enquanto a mandioca se sobressai como uma das culturas mais cultivadas no estado. Além disso, o coco-da-baía, a banana e a castanha de caju possuem grande relevância econômica, sendo o Ceará um dos maiores produtores nacionais de castanha. A fruticultura irrigada também tem ganhado espaço, com destaque para manga, goiaba e uva, impulsionando as exportações e a economia local. Essas culturas desempenham um papel fundamental no abastecimento interno e na geração de renda para os agricultores cearenses.

### ***2.1.2 Produção de milho no Ceará***

A produção de grãos de milho no estado é uma atividade agrícola de grande relevância, especialmente durante o período das festas juninas, quando a demanda pelo produto aumenta significativamente. Aproximadamente 70% do cultivo de milho verde no estado é realizado por meio de sistemas de irrigação, concentrados principalmente nos municípios de Limoeiro do Norte, Russas e Quixeré, na região do Vale do Jaguaribe, e em Tianguá e Guaraciaba do Norte, na região da Ibiapaba. Os 30% restantes dependem da agricultura familiar e das chuvas sazonais, abrangendo áreas como São Benedito, Viçosa do Ceará, Baturité, Capistrano, Aracoiaba, Mulungu, Itapiúna, Mauriti, Brejo Santo e Missão Velha (Ceasa Ceará, 2016), sendo destes, o município de Mauriti o maior produtor de milho do estado (Ematerce, 2021).

A produtividade média do milho no Ceará tem sido historicamente baixa. Em 2004, por exemplo, a produtividade era de apenas 579 kg/ha, muito inferior à média nacional da época (SILVA et al., 2005). No entanto, iniciativas como o Programa do Milho Híbrido, implementado desde 1999, visam melhorar essa situação, promovendo o uso de sementes híbridas e técnicas agrícolas mais avançadas. Esses esforços têm contribuído para aumentos significativos na produtividade em algumas regiões. Por exemplo, em áreas irrigadas do interior, a produtividade alcançou 6.600 kg/ha, superando em 3,7 vezes a média regional de 1.800 kg/há (BARBOSA, 2021). De acordo com o Censo Agropecuário de 2017, o milho era o principal produto agropecuário em 66 dos 184

municípios cearenses, com uma produção total de 251 toneladas naquele ano (G1-CE, 2018). Esses dados evidenciam a importância do milho na economia agrícola do Ceará, tanto para o consumo interno quanto para a geração de renda dos agricultores locais.

## **2.2 Relação da agricultura com a emissão de gases de CO<sub>2</sub>**

A relação entre a agricultura e as emissões de gases de efeito estufa (GEE), especialmente o dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), é amplamente documentada em diversas fontes. O desmatamento para expansão agrícola é uma das principais causas, liberando grandes quantidades de CO<sub>2</sub> armazenado na biomassa e no solo. Além disso, o uso de maquinário agrícola movido a combustíveis fósseis contribui significativamente para as emissões de CO<sub>2</sub>. A queima de resíduos agrícolas também libera CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> e N<sub>2</sub>O na atmosfera. O uso de fertilizantes nitrogenados resulta na emissão de N<sub>2</sub>O do solo. O consumo de combustíveis fósseis ocorre através da utilização de insumos como fertilizantes, herbicidas e fungicidas, que demandam grandes quantidades de energia para sua produção industrial, além da movimentação de máquinas e do transporte de produtos agrícolas (Assad et al, 2018).

De acordo com o Observatório do Clima, em 2021, o setor de agropecuária no Brasil foi responsável por 27% das emissões brutas de GEE, totalizando 617 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente (SEEG, 2023).

As Nações Unidas afirmam que a produção de alimentos gera emissões de CO<sub>2</sub>, metano (CH<sub>4</sub>) e outros GEE de várias maneiras, incluindo o desmatamento e a limpeza de terras para agricultura e pecuária, bem como o uso de fertilizantes que aumentam as emissões de óxido nitroso. Essas práticas agrícolas contribuem significativamente para as emissões de GEE, reforçando os impactos ambientais da agricultura

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1. *Dados econômicos*

Para realização desse trabalho foram extraídos dados do Produto Interno Bruto do Ceará e da produção de milho em toneladas do site Ipeadata. Os dados de emissão de CO<sub>2</sub> foram extraídos do Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG).

#### 3.2. *Análises estatísticas*

Para realizar os estudos, segundo Portella et al. (2015), foram feitos os valores de média, coeficiente de variação e desvio padrão das médias a partir das variáveis colhidas. Além do coeficiente de correlação.

##### 3.2.1. *Média*

Para cálculo de média foi utilizada a fórmula estatística da média para inferir o valor central do conjunto de dados analisados

$$\bar{x} = \frac{\sum xi}{n}$$

##### 3.2.2. *Desvio padrão*

Para análise do grau de dispersão da amostra requerida foi utilizada a fórmula de desvio padrão

$$s = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

##### 3.2.3. *Coeficiente de variação*

Para relacionar o desvio padrão e a média aritmética foi utilizado a fórmula do coeficiente de variação.

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \times 100$$

### 3.2.4. Coeficiente de correlação

Para análise estatística foram calculados a dependência de duas variáveis através do coeficiente de correlação de Pearson.

$$r = \frac{Cov(X, Y)}{S_x \cdot S_y}$$

Para interpretar o valor obtido, de acordo com Portella et.al (2015) utilizou-se a relação abaixo:

Se  $0 < r < 0,3$  – existe fraca correlação linear;

Se  $0,30 < r < 0,60$  – existe moderada correlação linear;

Se  $0,60 < r < 0,90$  – existe forte correlação linear;

Se  $0,90 < r < 1,00$  – existe correlação linear muito forte.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir das pesquisas realizadas e das análises estatísticas foi possível obter os dados organizados em tabela.

### 4.1. Dados econômicos

Tabela 1 – Relação do PIB Agrícola e Produção de milho (em toneladas) com a emissão de gases de CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>e).

Ano	PIB Agrícola Ceará	Produção de milho	CO <sub>2</sub>
1990	4.363.648,29	120.580	7795750
1991	4.247.090,02	372.125	7964151
1992	1.929.951,29	165.251	7633959
1993	1.425.938,55	39.404	6278699
1994	2.308.000,41	486.481	6594954
1995	1.726.089,10	469.177	6808764
1996	1.850.894,59	384.982	6792623
1997	1.269.199,13	272.179	6776385
1998	1.155.184,95	93.075	6054567
1999	1.103.345,24	443.417	6252253
2000	1.159.788,95	623.630	6389438
2001	953.169,19	244.580	6317820
2002	3.581.174,69	629.447	6409715
2003	4.241.630,29	745.317	6614465
2004	3.834.632,87	379.837	6655286
2005	3.568.000,16	281.713	6813869
2006	4.316.727,04	760.231	7010783
2007	3.708.204,29	357.342	7154167
2008	4.686.409,32	752.882	7351139
2009	3.827.174,70	538.962	7248838
2010	3.495.911,00	174.955	7420009
2011	4.705.760,01	915.286	7745728
2012	3.369.980,82	122.501	7845261
2013	3.882.069,64	112.741	7357340
2014	4.251.629,34	347.828	7576479
2015	3.537.662,58	130.887	7227607
2016	3.628.913,08	114.675	7100247
2017	4.581.809,99	373.425	6756993
2018	4.153.276,35	470.149	7114820
2019	4.135.406,14	423.601	7212232
2020	5.018.012,47	633.317	7469602
2021	4.932.373,63	414.411	7605625
2022	4.636.006,04	538.505	7712588

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística/PAM/Ipeadata.

Nos anos 90, o Produto Interno Bruto (PIB) agrícola do Ceará apresentou desempenho abaixo do esperado, em grande parte devido à combinação de crises econômicas e períodos de seca severa que afetaram diretamente a produção agrícola. Araujo (1997) explica em Dossiê do nordeste I que a seca, que foi recorrente na década, resultou em perdas significativas na produtividade das culturas, especialmente no interior do estado, onde a agricultura é mais dependente das condições climáticas. Além disso, a instabilidade econômica vivenciada no Brasil durante esse período, com inflação elevada e dificuldades fiscais, gerou uma retração no crédito agrícola e na implementação de políticas públicas voltadas ao setor rural. Esses fatores, somados, causaram impacto negativo na economia rural cearense, prejudicando o crescimento do PIB agrícola e dificultando a recuperação das áreas afetadas.

De acordo com estudo do Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), entre 1967 e 1989, a agropecuária reduziu sua contribuição ao PIB regional de 27,4% para 18,9%. Em 1990, ano de seca que afetou consideravelmente a produção na zona semiárida, tal percentual caiu para 12,1%. Essas evidências indicam que a combinação de fatores climáticos adversos e crises econômicas impactou negativamente o PIB agrícola do Ceará nos anos 90.

Nos anos 2000, o Ceará experimentou uma recuperação significativa em sua economia rural, impulsionada por condições climáticas favoráveis e avanços tecnológicos no setor agrícola. Embora no ano de 2001 tenha tido baixos números em virtude condições climáticas desfavoráveis na região. Porém a regularização das chuvas proporcionou um aumento na produção agrícola. Além disso, a adoção de novas tecnologias de cultivo, como sistemas de irrigação mais eficientes, sementes geneticamente aprimoradas e técnicas de manejo agrícola, contribuiu para a melhoria da produtividade e a diversificação da produção. Esses fatores, aliados ao apoio de políticas públicas e investimentos em infraestrutura, permitiram que o setor agrícola do estado se recuperasse e voltasse a crescer.

Nos anos de 2010, o PIB agrícola do Ceará apresentou um crescimento significativo, impulsionado por uma combinação de boas colheitas, diversificação da produção e avanços tecnológicos. O estado vivenciou períodos de chuvas regulares, o que proporcionou um aumento na produção agrícola. Esses fatores, aliados ao apoio de políticas públicas e investimentos em infraestrutura, permitiram que o setor agrícola do estado se recuperasse e voltasse a crescer, consolidando-se como um pilar importante da economia cearense. Além disso, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

(IBGE) destaca que o desempenho do PIB do Ceará no período de 2010 a 2013 teve um crescimento superior à média nacional.

#### 4.2. Análises estatísticas

Tabela 2- Análise estatística da relação do PIB Agrícola e produção de milho (em toneladas) com a emissão de CO<sub>2</sub>.

	PIB Agrícola	Produção de milho	CO <sub>2</sub>
Média	3.320.759,52	301.960	7.062.489,57
Desvio padrão	1.313.685,77	226.030,55	529.792,50
Coefficiente de variação	39,55%	57,67%	7,50%
Coefficiente de correlação	0,66%	0,019%	

Fonte: Autora.

Os resultados da análise do PIB agrícola do Ceará entre 1990 e 2022 revelam uma média de R\$ 3.320.759,52, o que representa o valor central das atividades agrícolas ao longo do período. No entanto, o desvio padrão de R\$ 1.313.685,77 indica que os valores do PIB agrícola tiveram oscilações significativas em torno dessa média, evidenciando anos de crescimento e retração na economia rural. O coeficiente de variação de 39,5% reforça essa variação moderada, sugerindo que, embora tenha havido certa estabilidade em alguns momentos, o setor sofreu impactos expressivos de fatores externos.

A produção de milho no Ceará entre 1990 e 2022 apresentou uma média de 301.960 toneladas, indicando o volume médio colhido ao longo do período. No entanto, o desvio padrão de 226.030,55 toneladas reflete uma alta dispersão em relação à média, evidenciando anos com produções significativamente acima ou abaixo desse valor. O coeficiente de variação de 57,67% indica uma alta variação, sugerindo que a produção de milho foi bastante instável. Essa grande flutuação pode apontar para a vulnerabilidade da cultura do milho no Ceará, possivelmente ligada à dependência de condições ambientais favoráveis e infraestrutura agrícola para irrigação e armazenamento.

As emissões de CO<sub>2</sub> no Ceará entre 1990 e 2022 apresentaram uma média de 7.062.489,58 MtCO<sub>2</sub>e, o que indica o volume médio de emissões ao longo do período. O desvio padrão de 529.792,50 toneladas mostra uma variação considerável, porém não extrema, em torno da média. Isso sugere que as emissões oscilaram, mas de forma controlada, sem grandes picos ou quedas abruptas. O coeficiente de variação de 7,5% é

baixo, indicando que as emissões de CO<sub>2</sub> foram relativamente estáveis ao longo do tempo, com pouca variação em relação à média.

O coeficiente de correlação de Pearson foi positivo para o PIB Agrícola do Ceará e emissões de gases CO<sub>2</sub>, indicando uma relação direta. Isso significa que, à medida que uma variável aumenta, a outra também tende a aumentar, sugerindo uma associação linear positiva entre elas. A partir da relação utilizada para interpretação de  $r$ , observa-se que a relação entre PIB agrícola e emissões de CO<sub>2</sub> foi de 0,66% indicando um grau de correlação linear forte. Isso significa que, à medida que PIB Agrícola cresce, as emissões de CO<sub>2</sub> tendem a aumentar proporcionalmente, sugerindo que o desenvolvimento econômico do setor pode estar diretamente associado a atividades que intensificam a liberação desses gases. A relação entre a produção de milho e emissão de CO<sub>2</sub> observada foi de 0,019% o que confere uma correlação linear positiva, embora esta relação seja fraca, indicando que, apesar de existir uma variável aumente levemente conforme a outra também aumente, essa relação é praticamente irrelevante.

## 5 CONCLUSÃO

Os valores obtidos pela média, desvio padrão e coeficiente de variação das variáveis, PIB Agrícola e Produção de milho do Ceará, demonstram que existe uma oscilação considerável, o que indica que houve uma instabilidade entre os anos analisados. Para as emissões de CO<sub>2</sub>, os mesmos valores analisados sugerem que, apesar de existir uma variação notável, não foi extrema, com pouca oscilação ao longo dos anos.

Os resultados deste estudo evidenciam que a análise de correlação foi positiva entre as emissões de CO<sub>2</sub> e o PIB agrícola cearense. Os resultados indicaram uma forte correlação positiva entre o crescimento econômico rural e o aumento das emissões, sugerindo que a expansão produtiva está associada a práticas que intensificam a liberação de gases. Para produção de milho, a correlação foi positiva, porém fraca, indicando que apesar dessa relação existir, ela se mostra muito irrelevante. Diante disso, torna-se essencial adotar estratégias sustentáveis e políticas públicas voltadas para um modelo de crescimento que equilibre o progresso econômico com a preservação ambiental, garantindo a sustentabilidade do setor rural a longo prazo.

## REFERÊNCIAS

ARAUJO, Tânia. **Herança de diferenciação e futuro de fragmentação**. Dossiê do Nordeste I. ESTUDOS AVANÇADOS 11 (29), 1997.

ASSAD, Eduardo et al. **Sequestro de carbono e mitigação de emissões de gases do efeito estufa pela adoção de sistemas integrados**. In: BUNGENSTAB, Davi et al. (Org). Inovação com integração de lavoura, pecuária e floresta. Brasília-DF, Embrapa, 2019, p. 153-167.

BARBOSA, Honório. **Plantio de milho irrigado mais que triplica safra no interior: ‘tenho melhor qualidade de vida’**. Diário do Nordeste. 2021.

Nações Unidas Brasil. **Causas e Efeitos das Mudanças Climáticas**.

CEASA-CE. **Os caminhos do milho no Ceará**. 2016.

CNA BRASIL. **Agropecuária é destaque do PIB do Ceará em 2022**. 2023.

IBGE -INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. 2025.

IPEADATA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. 2025.

IPECE.- **PIB do Ceará nas Óticas da Produção e da Renda 2022 (Resultados Preliminares - Ano Base 2010)**. 2024.

OBSERVATÓRIO DO CLIMA. **ANÁLISE DAS EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA E SUAS IMPLICAÇÕES PARA AS METAS CLIMÁTICAS DO BRASIL 1970-2021**. 2023.

OLIVEIRA, Antônio. **Dia Nacional do Milho: Ematerce tem muito a ver com a cultura, assistindo agricultores**. Ematerce. 2021.

**O QUE SÃO AS MUDANÇAS CLIMÁTICAS?** NAÇÕES UNIDAS BRASIL.

PORTELLA, Augustus. Et al. **Estatística Básica: para os cursos de Ciências Exatas e Tecnologia**. EDUFT, 2015.

SEEG – SISTEMA DE ESTIMATIVA DE EMISSÕES E REMOÇÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA.

SEEG. **Análise das emissões de gases do efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970-2022**. 2023

SILVA, Denise; KHAN, Ahmad; LIMA, Patrícia. **Produção de milho híbrido no Estado do Ceará: aspectos tecnológicos, competitivos, geração de emprego e renda.** RER, Rio de Janeiro, vol. 44, nº 01, p. 119-146, jan/mar 2006.

**VOCÊ SABE COMO OS GASES DO EFEITO ESTUFA AQUECEM O PLANETA?** ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. 2022.