

LOCALIZAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO DO POTENCIAL BIOENERGÉTICO ANIMAL NA PARAÍBA

VICTOR CARLOS DE LIMA ARRUDA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

TAYNARA GEYSA SILVA DO LAGO
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

BEATRIZ RIBEIRO PETRUCCI PADILHA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

JOSICLEIDE DE MOURA PEREIRA
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE - UFRN

LUIZ MOREIRA COELHO JUNIOR
UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

Introdução

Os fóruns internacionais veem discutindo a insegurança energética no mundo, provocada pela dependência do petróleo e do gás natural, bem como, as suas consequentes instabilidades econômicas e ambientais. Para incrementar a matriz energética e atender as metas globais, há uma motivação no uso crescente de bioenergia, em alternativa aos combustíveis fósseis.

Problema de Pesquisa e Objetivo

A partir dos dados da quantidade de animais arrebanhados no estado da Paraíba foi possível estimar a energia potencial teórica da conversão dos resíduos animais em energia. A biodigestão se mostra como alternativa tecnológica para o incremento da matriz energética com bioenergia. Esse trabalho observou o padrão de localização e especialização do potencial energético dos dejetos da pecuária nos municípios, nas regiões imediatas e intermediárias do estado da Paraíba.

Fundamentação Teórica

O biogás, recurso de energia renovável, é produzido pela decomposição de materiais orgânicos, como esterco, resíduos agrícolas, lodo de esgoto e resíduos de alimentos em condições anaeróbias. Os resíduos animais podem ser aproveitados como matéria prima, excretados de animais vivos, como por exemplo o esterco de leite, cama de aves, outros resíduos de operações pecuárias.

Metodologia

A Energia Potencial Teórica (ETP) foi estimada a partir dos resíduos animais da pecuária adquiridos dos rebanhos e do desenvolvimento de coeficientes de conversão baseado nos dados da literatura especializada. Foram calculados os indicadores de especialização e localização, sendo eles, o Índices de Krugman (SI) e o Índice de Ellison-Glaeser (EG).

Análise dos Resultados

Os resultados mostram um crescimento no potencial energético estadual ao longo dos 21 anos analisados. Em nível municipal, os rebanhos galináceos apresentam maior aglomeração e a nível regional (intermediárias) os rebanhos caprinos tem maior EPT aglomerada. O índice de EG mostra uma desaglomeração espacial para a EPT dos rebanhos bovinos durante os anos de 2000 a 2020. O SI da região intermediária de Campina Grande evidencia cidades limítrofes entre si com dessemelhança baixa (SI)

Conclusão

A determinação do conjunto de índices utilizados nesse trabalho, que são a luz dos estudos em economia regional, conseguem de forma preliminar dar subsídios para maiores estudos e formulação de políticas regionais de cunho agropecuário e bioenergético.

Referências Bibliográficas

CAETANO, B. C.; SANTOS, N. D. S. A.; HANRIOT, V. M.; SANDOVAL, O. R.; HUEBNER, R. Energy conversion of biogas from livestock manure to electricity energy using a Stirling engine. *Energy Conversion and Management*: X, [S.L.], v. 15, p. 100224, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100224>. AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Superintendência de concessões e Autorizações de geração – SCG. Matriz por tipo e combustível final. Brasília, 29 jun. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjojNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2liwidCI6IjQwZDZ>

Palavras Chave

Energias Renováveis, Biomassa, Economia da energia

LOCALIZAÇÃO E ESPECIALIZAÇÃO DO POTENCIAL BIOENERGÉTICO ANIMAL NA PARAÍBA

1. INTRODUÇÃO

O cenário energético mundial é constantemente afetado por crises geopolíticas em volta do petróleo, gás e da busca por recursos e materiais escassos. A insegurança é agravada pelo atual modelo de desenvolvimento urbano, que busca avidamente por materiais como aço e cimento com o uso intensivo de energia. Também afetado pelo crescimento global da população, estimado em cerca de 25% nos próximos 30 anos, em 2050, serão 9,7 bilhões de pessoas no mundo. Outro fator são as mudanças climáticas e a participação dos conglomerados urbanos em mais de 70% nas emissões globais de CO₂ (International Energy Agency - IEA, 2021). O Acordo de Paris estabeleceu metas para mitigar as mudanças climáticas ao limitar o aumento da temperatura global para menos de 2 °C, ou de forma mais ambiciosa, em 1,5 °C até o final deste século (United Nations Framework Convention on Climate Change – UNFCCC, 2016).

Segundo a Internacional Renewable Energy Agency - IRENA (2022), para seguir no caminho de 1,5°C ou mesmo 2°C, a parcela de eletricidade direta no consumo total de energia final deve aumentar de 21% em 2019 para mais de 50% em 2050. E ainda, parcela de energia renovável no consumo total de energia final aumentaria de 19% em 2019 para 79%. A parcela de renováveis na geração de eletricidade aumentaria de 26% em 2019 para 90% em 2050. Para o incremento energético e atender as metas globais, encontra-se motivação no uso crescente de bioenergia, uma alternativa aos combustíveis fósseis, que apresenta uma possível redução das emissões de CO₂ e segurança energética (NOGUEIRA; CAPAZ; LORA, 2021).

Em 2019, foram gerados 655 TWh de eletricidade a partir da biomassa no mundo, 13% desses foram por meio de biogás (World Bioenergy Association - WBA, 2021). O Brasil em 2021 apresentou um crescimento de 20,9% em relação a 2020 na oferta interna de energia por meio do biogás (Empresa de Pesquisa Energética – EPE, 2022). Segundo a Agencia Nacional de Energia Elétrica – ANEEL (2022) a potência outorgada brasileira para biogás era de 241,65 MW, sendo a participação paraibana de 5,7 MW. Em nível nacional, a potência outorgada por meio de resíduos da pecuária é de 2,02%, menor participação se comparada a parcela outorgada para resíduos sólidos urbanos, cerca de 82,71%, acompanhada de resíduos da agroindústria e florestais, com 13,18% e 2,06% respectivamente.

O biogás, recurso de energia renovável, é produzido pela decomposição de materiais orgânicos, como esterco, resíduos agrícolas, lodo de esgoto e resíduos de alimentos em condições anaeróbias (YALCINKAYA; RUHBAS, 2022). Composto tipicamente por 0-3% de sulfeto de hidrogênio (H₂S), 0-10% de gás nitrogênio (N₂), 0-1% de hidrogênio (H₂), 25-50% de dióxido de carbono (CO₂), 50-75% de metano (CH₄), e por outros gases. A composição do biogás depende da natureza da matéria-prima a serem digeridas a um pH médio (AGHEL; BEHAEIN; WONGWISES; SHADLOO, 2022). Ocorre naturalmente em pilhas de compostagem ou também por meio da digestão anaeróbia (DA), processo biológico de baixo custo e economicamente viável. O material digerido, subproduto da DA, pode ser beneficiado e endereçado como fertilizante. Os resíduos animais, podem ser aproveitados como matéria prima para arranjos tecnológicos para geração de bioenergia, sejam eles, excretados de animais vivos e incluem esterco de leite, cama de aves, resíduos e outros resíduos de operações pecuárias (AJAY; MOHAN; DINESHA, 2021; CAETANO et al., 2022).

Segundo Mattei e Mattei (2017), os estudos de economia regional auxiliam na caracterização de setores produtivos e especializados numa área, o que permite o desenvolvimento de estratégias para o fomento da economia. A análise sobre a localização das atividades econômicas é de grande importância para o Estado, que visa a repartição equilibrada das atividades, bem como, para os investidores e empresários no que consiste a opção de

localização visando diminuir custos e aumentar a competitividade das empresas (ALVES, 2012).

Dentro do conjunto dos métodos de análise regional se encontram as medidas de localização e especialização, onde a concentração espacial está relacionada à localização de uma indústria em todas as regiões. A especialização, por outro lado, refere-se à distribuição de indústrias em uma região e está inversamente relacionada ao grau de diversificação industrial na estrutura da economia local (HERNÁNDEZ; GÓMEZ; CALZADA, 2022). Tais medidas são de natureza descritiva, aplicadas em estudos exploratórios, se valendo analiticamente de índices, discutidos na metodologia desse trabalho.

Com vistas na diversificação e descentralização da matriz energética, bem como, da identificação de sítios propícios para a bioenergia, esse trabalho apresenta o padrão de localização e especialização do potencial energético dos dejetos da pecuária nos municípios, nas regiões imediatas e intermediárias do estado da Paraíba.

2. METODOLOGIA

Os dados foram obtidos a partir da plataforma do Sistema de Recuperação Automática - SIDRA, disponível no Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, na qual compreende o número de rebanhos (pecuária) por município do estado da Paraíba, no intervalo de 2000 a 2020.

Para mensurar o potencial energético teórico dos dejetos da pecuária (aviários, bovinos, equinos, caprinos, ovinos e suínos) em cada ente municipal, ou ainda, nas regiões geográficas imediatas e intermediárias, coeficientes foram desenvolvidos para estimar a equivalência energética anual por unidade animal arrebanhada. Para a elaboração dos coeficientes foram necessários dados presentes na literatura, conforme a Tabela 1.

Tabela 1 - Geração de dejetos e Biogás por animal.

Animal	Dejetos gerados por dia (Kg/dia)	CH₄ gerado por dejetos (m³/kg)
Aviário/Galináceo	0,18	0,285
Bovino	10	0,270
Caprino	0,5	0,061
Equino	10	0,260
Ovino	0,8	0,250
Suíno	2,25	0,560

Fonte: Colatto e Langer (2012); EMBRAPA (2022); Caetano (2009).

Admitindo-se uma produção de biogás com 60% de metano considerou-se o Poder Calorífico Inferior do biogás (PCI) de 5136,46 Kcal/Nm³. Desse modo, foi possível realizar a conversão para Joule (J) e para quilowatt-hora (kWh), de acordo com a Tabela de conversão da ANEEL, obtendo 21505,33 kJ e 5,67 kWh para cada Nm³ de Biogás. Os coeficientes foram obtidos por meio da Equação (1):

$$EPT = PCI \cdot C \cdot f \cdot t \quad (1)$$

onde a EPT é a Energia Potencial Teórica por unidade animal a cada período; t é o período de dias analisados (365 dias); C é a carga de dejetos produzidas por unidade animal; PCI é o Poder Calorífico Inferior segundo a parcela de CH₄; e f é o fator de conversão de quilocaloria para outra unidade. Os coeficientes desenvolvidos e utilizados neste trabalho seguem na Tabela 2:

Tabela 2 - Coeficientes de energia potencial por unidade animal ao ano.

Animal (unidade)	EPT (GJ)	EPT(MWh)
Aviário	0,403	0,11
Bovino	21,194	5,89
Caprino	0,239	0,07
Equino	20,409	5,67
Ovino	1,570	0,44
Suíno	9,890	2,75

Fonte: Os autores (2022).

Dessa forma, multiplicando o EPT de cada tipo de rebanho pelas unidades animais que o compõem em cada local (município, região geográfica imediata e intermediária) foi possível estimar o potencial energético teórico dos dejetos pecuários de cada local observado.

2.2 Medidas de localização e espacialização

Os estudos para entender a dinâmica causada pela distribuição espacial da produção na economia têm-se centrado na análise da especialização e localização da atividade, por meio da utilização de indicadores estatísticos que contrastam com os diferentes tipos de produção de um território observado e sua referência. Os indicadores de especialização medem o quão especializadas, ou seja, o quão distintas as regiões são de algum critério de referência e os indicadores de localização medem o quão concentrados regionalmente estão os setores. (MENDOZA-TOLOSA; CAMPO-ROBLEDO, 2017; MONASTERIO, 2011).

2.2.1 Índice de Krugman

O Índice de dessemelhança ou de especialização de Krugman (SI), Equação (2), é um índice de dissimilaridade, que indica a diferença entre as estruturas setoriais na cidade ou região observadas em comparação com outras, variando de 0 a 2. Os valores absolutos da diferença entre a participação dos setores econômicos na atividade total foram tomados para se observar a dessemelhança entre os sítios analisados. (LONGHI; MUSOLESI; BAUMONT, 2014; MONASTERIO, 2011).

$$SI_{ij} = \sum_k \left| \frac{E_{ki}}{E_i} - \frac{E_{kj}}{E_j} \right| \quad (2)$$

onde,

E_{ki} e E_{kj} são, respectivamente, a energia potencial teórica de cada rebanho na cidade ou região observada e na cidade ou região de referência;

E_i e E_j são o total da energia potencial teórica em cada cidade ou região, sendo i a cidade ou região comparada e j a região ou cidade de referência.

Para análise desse índice, os resultados das médias das décadas de 2000 a 2009, de 2010 a 2019; do ano de 2020, e a média entre os anos 2000 a 2020 foram utilizados.

2.2.2 Índice de Ellison-Glaeser

O Índice de Ellison-Glaeser (EG), Equação 3, é um índice de aglomeração que considera a parcela do emprego de uma indústria dentro de uma região, a parcela do emprego industrial agregado dentro de uma região e a concentração de mercado de uma indústria simultaneamente. Esse índice é baseado na comparação entre as distribuições geográficas observadas das

empresas em uma distribuição aleatória (modelo de arremesso de dardos), bem como, a aglomeração adicional causada por *spillovers* específicos do setor e vantagens naturais localizadas (LIN; LI; YANG, 2011; ELLISON; GLAESER, 1997).

Quando o valor obtido é nulo, indica que as decisões locacionais das empresas foram realizadas de forma aleatória, o emprego não está distribuído uniformemente. Se o resultado é positivo, indica que o setor analisado possui uma concentração maior do que aquela esperada a partir de decisões locais aleatórias. Caso o resultado seja negativo, o índice reflete uma tendência de desconcentração espacial das unidades de negócio (ARAÚJO; MOURA; ROCHA, 2017).

$$EG_k = \frac{G - (1 - \sum_i x_i^2)H}{(\sum_i x_i^2)(1-H)} \quad (3)$$

em que,

$G = \sum_i (s_i - x_i)^2$, que corresponde ao Índice de concentração bruta;

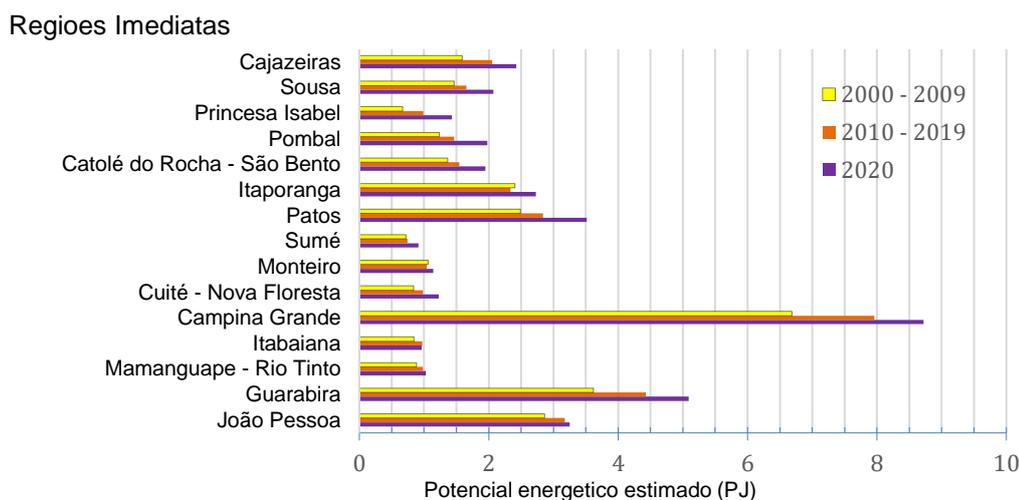
$H = \sum_p z_p^2$ representa o Índice de Herfindahl.

Onde, s_i é a parcela da EPT por tipo de rebanho k na região i , ou seja, E_{ki}/E_k ; x_i é a participação da EPT da cidade ou região observada na área total estudada (E_i/E); Z_p é a participação do tipo de rebanho k na cidade ou região i na EPT da área estudada (E_{ki}/E).

3. RESULTADOS

A Figura 1 mostra a evolução do potencial energético dos dejetos da pecuária por região imediata. Os valores foram estimados para a média dos valores da década de 2000 a 2009, de 2010 a 2019 e para o ano de 2020. É possível observar que a energia potencial aumenta quando se compara o último período ao primeiro analisado, indicando um crescimento no potencial energético.

Figura 1 - Evolução do potencial energético dos resíduos animais, em PJ, nas regiões imediatas na Paraíba, de 2000 a 2020.



Fonte: Os autores (2022).

A região imediata de Campina Grande ao longo do período analisado apresenta o maior potencial energético, entre 6,7 a 8,7 PJ anualmente. Para a média da primeira década analisada verificou-se que a região imediata de Princesa Isabel apresentou o menor potencial, para a média da segunda década, a região de menor potencial foi Sumé, como também foi para o ano

de 2020. Campina Grande é a região que em números absolutos, se isola na primeira posição. Outros aspectos como o valor máximo estimado e mínimo, ano de ocorrência e média da energia potencial por região intermediária estão dispostos na Tabela 2.

Tabela 02 – Potencial energético de resíduos animais por região imediata da Paraíba, considerando os valores médios anuais, máximos e mínimos, em PJ, de 2000 a 2020.

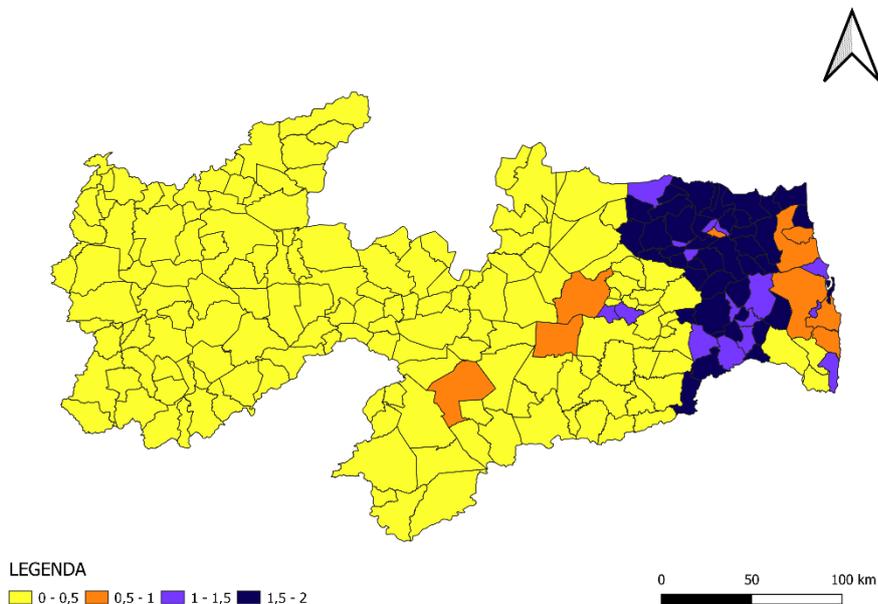
Região Imediata	Média 2000-2020	Valor_{Máx}	Ano_{Máx}	Valor_{Mín}	Ano_{Mín}
João Pessoa	3,030	3,467	2014	2,549	2002
Guarabira	4,074	5,090	2020	3,267	2002
Mamanguape - Rio Tinto	0,937	1,050	2018	0,729	2001
Itabaiana	0,912	1,009	2010	0,677	2006
Campina Grande	7,388	8,719	2020	5,939	2001
Cuité - Nova Floresta	0,926	1,227	2020	0,700	2002
Monteiro	1,057	1,291	2011	0,884	2000
Sumé	0,739	0,913	2020	0,608	2012
Patos	2,704	3,619	2011	2,001	2000
Itaporanga	2,388	2,728	2020	1,676	2012
Catolé do Rocha - São Bento	1,478	1,945	2020	1,006	2001
Pombal	1,381	1,978	2020	0,961	2001
Princesa Isabel	0,858	1,428	2020	0,525	2001
Sousa	1,583	2,073	2020	1,071	2012
Cajazeiras	1,850	2,426	2020	1,341	2003
Paraíba	31,304	38,424	2020	25,478	2001

Fonte: Os autores (2022).

A região de Itabaiana e de Itaporanga são as que menos cresceram anualmente demonstrando uma estagnação não só no potencial energético, mas também para a produção pecuária da região. Em contrapartida a região de Princesa Isabel se apresenta como a que mais cresceu no decorrer dos 21 anos analisados, seguida da região de Pombal e Patos. Em 2020 foi ano de maior frequência de recordes de potencial energético por região imediata, enquanto o ano de 2001 foi o de maior frequência dos piores números de potencial energético por região intermediária. Ao analisar os dados ano a ano, é possível notar dois momentos de queda nos índices de potencial energético estimados, nos anos 2000 e em meados de 2011 e 2012, em consequência da queda no número de animais arrebanhados no estado. Segundo Duarte et al (2018), em meados de 1998 a 2000 e de 2012 a 2014 houve o agravamento das secas no Brasil, o que impactou severamente a agropecuária, não obstante a Paraíba, o que estabeleceu assim uma relação direta entre precipitação e efetivo dos rebanhos, elucidando o efeito de queda no potencial energético em consequência da diminuição dos rebanhos. As regiões intermediárias do estado de Patos e de Sousa – Cajazeiras foram a que mais foram atingidas pela seca de 2012.

Pode-se observar a evolução da dissimilaridade entre os municípios paraibanos para a energia potencial teórica da pecuária considerando as cidades de referência em cada região intermediária. Comparou-se o índice de Krugman da primeira década (2000 a 2009), da segunda (2010 a 2019) e do ano de 2020. Na figura 2 pode-se identificar a dessemelhança da EPT municipal para a primeira década classificada a partir do Índice de Krugman.

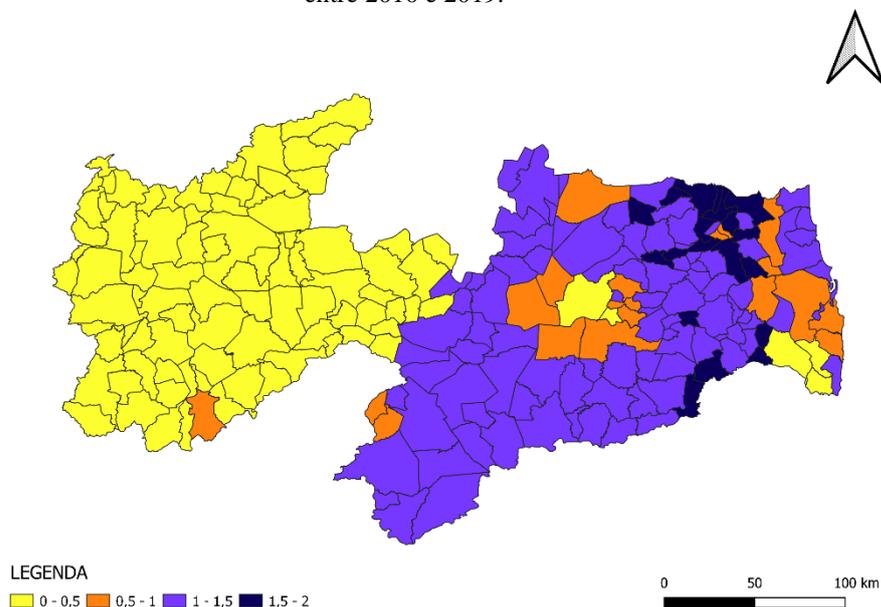
Figura 2 – Índice de Krugman da energia potencial municipal dos resíduos animais da Paraíba, valores médios entre 2000 a 2009.



Fonte: Os autores (2022).

Observa-se que a dessemelhança é maior nos municípios da região intermediária de João Pessoa. Pode-se perceber ainda na primeira década que o estado se comporta de forma homogenea, com exceção dos municípios da região de João Pessoa, e com destaque de alguns municípios da região de Campina Grande. Na figura 3 observa-se a dessemelhança municipal para a ETP dos rebanhos na média da segunda década classificada a partir do Índice de Krugman.

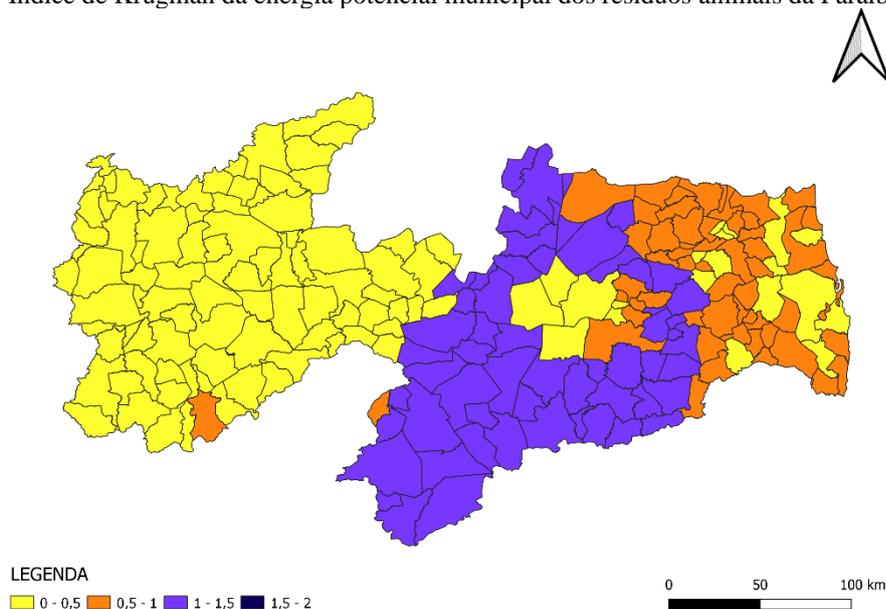
Figura 3 - Índice de Krugman da energia potencial municipal dos resíduos animais da Paraíba, valores médios entre 2010 e 2019.



Fonte: Os autores (2022).

O SI médio da segunda década apresenta uma dessemelhança maior comparada a década anterior nos municípios da região intermediária de Campina Grande, com valores de SI de 1 a 1,5 majoritariamente. Destacam-se os municípios de Pocinhos e Puxinanã, com dessemelhança baixa ($0 \leq SI \leq 0,5$). Na região intermediária de João Pessoa, os municípios de Pedras de Fogo, Alhandra e Caaporã também apresentam SI baixo. Nas regiões intermediárias de Patos e Sousa-Cajazeiras, há uma homogeneidade no SI, sendo baixo, com exceção do município de Princesa Isabel. A partir do cálculo do SI, observa-se, a figura 04, a dissimilaridade entre os municípios a partir da ETP dos rebanhos no ano de 2020.

Figura 4 - Índice de Krugman da energia potencial municipal dos resíduos animais da Paraíba, em 2020.



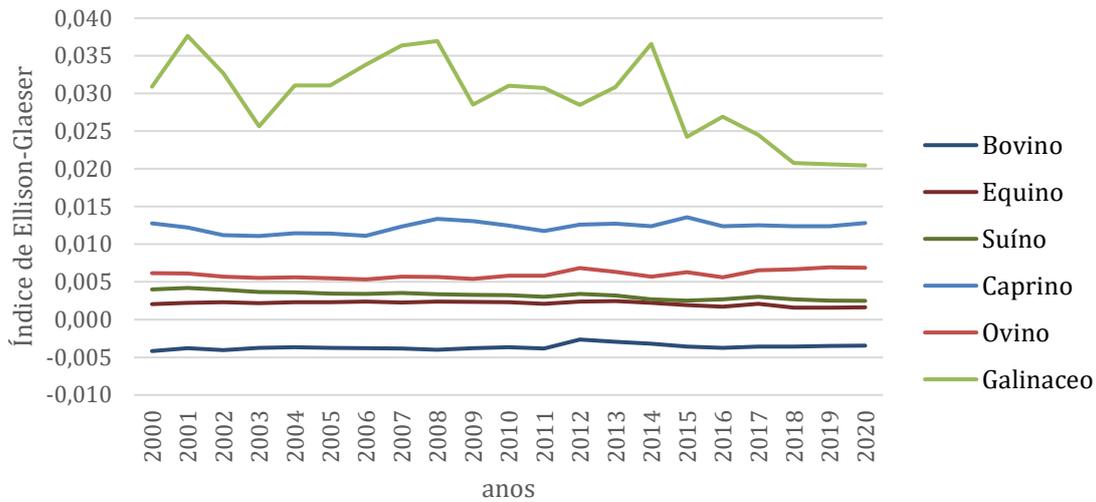
Fonte: autoria própria, 2022

No ano de 2020, as regiões intermediárias de Patos e Sousa-Cajazeiras se mantiveram com SI baixo, com exceção de Princesa Isabel. A região de Campina Grande apresentou uma expansão dos municípios de SI baixo agregando também ao núcleo as cidades de Montadas, Olivedos, Soledade e Boa vista. Na região de João Pessoa, houve uma queda para a especialização média ($0,5 \leq SI < 1$), indicando uma diminuição da dessemelhança entre as ETP dos municípios na região intermediária.

A Figura 5 mostra a evolução da especialização da EPT pecuária nos municípios paraibanos. A EPT dos rebanhos bovinos evolui abaixo das ordenadas indicando uma tendência de desconcentração das atividades de pecuária bovina, menos com um acréscimo ao longo dos anos. Os outros rebanhos evoluem no índice acima de 0, indicando uma aglomeração espacial das atividades pecuárias e uma consequente aglomeração espacial do potencial energético. O rebanho galináceo apresenta uma evolução variada, mas com índices EG acima de 0,02 durante os 21 anos pesquisados, com uma ligeira distância dos outros rebanhos.

O maior EG ocorreu em 2001, com $EG = 0,037$ para o rebanho de galináceo, seguido dos anos de 2008 e 2014 com $EG = 0,036$. Os menores valores de EG são do rebanho bovino no ano de 2000 com EG negativo de 0,0042, seguidos dos anos de 2002 e 2008 com EG negativo de 0,004.

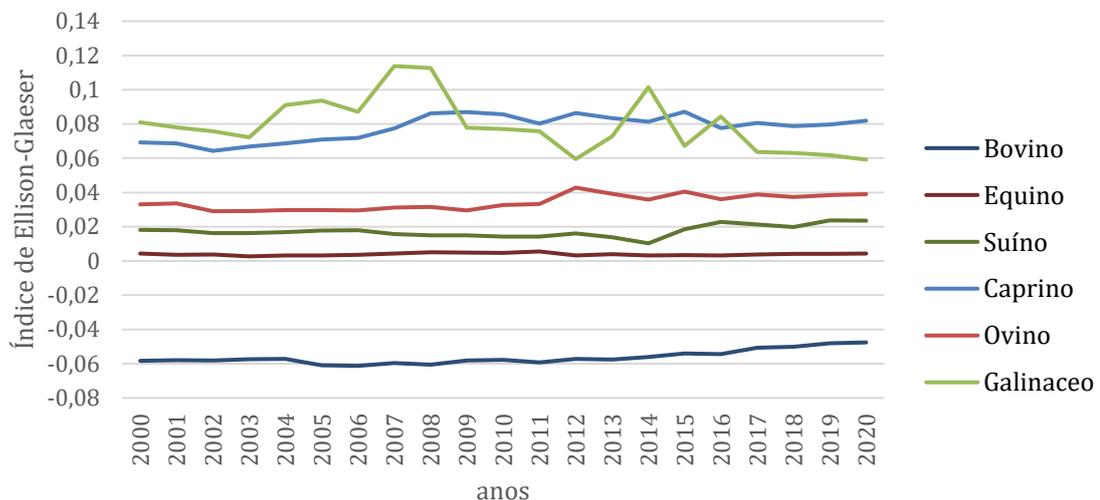
Figura 5 - Evolução da espacialização da ETP nos municípios paraibanos, de 2000 a 2020.



Fonte: Os autores (2022).

Na Figura 6 são apresentadas a evolução da espacialização da ETP nas regiões imediatas da Paraíba. Assim como a análise municipal, o rebanho bovino continua indicando uma desaglomeração espacial, e o contrário se manifesta com os outros rebanhos. Os rebanhos caprinos apresentam um crescimento ao longo dos anos e no ano de 2016 se consolida acima da aglomeração do rebanho galináceo, com EG de 0,08 em 2020. Já o rebanho galináceo após sucessivas oscilações se estabiliza em tornos de 0,06. O índice de EG para os rebanhos equinos se manteve praticamente constante, muito próximo ao 0, indicando uma estagnação e uma disposição aleatória dos rebanhos.

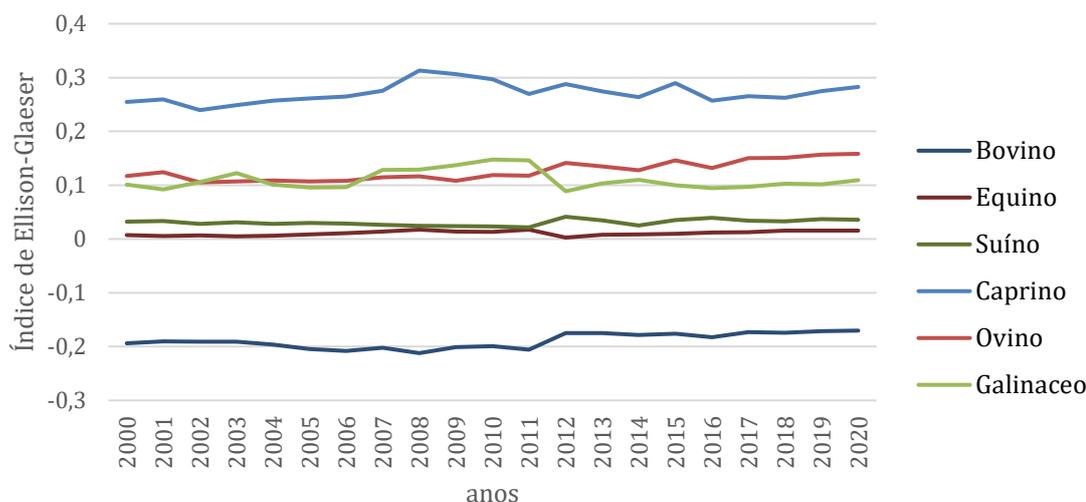
Figura 6 - Evolução da espacialização da ETP nas regiões imediatas da Paraíba, de 2000 a 2020,.



Fonte: Os autores (2022).

Por meio da Figura 7 é possível observar a dinâmica da aglomeração espacial das atividades pecuárias e conseqüentemente das EPT dos rebanhos nas regiões intermediárias. Observa-se que a EPT dos rebanhos caprinos liderara isoladamente com EG em torno de 0,3. Seguido dos rebanhos Ovino e Galináceo em com EG em torno de 0,1. O EG da EPT dos rebanhos bovinos ainda apresenta uma tendencia de desaglomeração espacial com EG negativo de 0,17 em 2020.

Figura 7 - Evolução da espacialização da ETP nas regiões intermediárias da Paraíba, de 2000 a 2020.



Fonte: Os autores (2022).

Os índices de Ellison-Glaeser e de Hoover indicam uma aglomeração espacial da EPT a partir do rebanho caprino ao longo dos anos. Ambos os indicadores mostram a sequência da aglomeração com os rebanhos ovino e galináceo, mas somente pelo Índice de Ellison-Glaeser foi possível mostrar a tendência de desaglomeração do rebanho bovino.

4. CONCLUSÃO

Por meio da análise regional foi possível entender o comportamento da atividade pecuária para diferentes rebanhos no estado da Paraíba, observando pelos níveis municipal e regional (imediatas e intermediárias), e como consequência foi possível estimar o potencial energético dos resíduos animais ao longo dos 21 anos estudados utilizando o Índice de Krugman e o Índice Ellison-Glaeser. As análises realizadas mostraram uma concentração espacial ao longo dos anos dos rebanhos caprinos. A partir do Índice de Ellison-Glaeser foi possível observar o quanto está desaglomerado o potencial energético de dejetos animais, revelando uma alta desigualdade dos rebanhos galináceos quando observado a nível municipal, embora, quando observado a nível de região intermediária observa-se a maior relevância dos rebanhos caprinos. Por meio do Índice de Krugman observou-se a dissimilaridade municipal quanto a contribuição no total de EPT estimada. Assim notou-se a formação de núcleos de menor dessemelhança nas regiões intermediárias, formados por municípios com EPT semelhante. A formação de tais núcleos pode favorecer, com maiores estudos, a indicação de locais para complexos bioenergéticos. Dessa forma, o conjunto de índices utilizados nesse trabalho, a luz dos estudos em economia regional, conseguem de forma preliminar dar subsídios para maiores estudos e formulação de políticas regionais de cunho agropecuário e bioenergético.

REFERÊNCIAS

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Superintendência de concessões e Autorizações de geração – SCG. **Matriz por tipo e combustível final**. Brasília, 29 jun. 2022. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiNjc4OGYyYjQtYWM2ZC00YjllLWJlYmEtYzdkNTQ1MTc1NjM2IiwidCI6IjQwZDZmOWI4LWVjYjYtYjYtNDZhMi05MmQ0LWVhNGU5YzAxNzBlMSIsImMiOiR9>. Acesso em: 29 jun. 2022.

AGHEL, B; BEHAEIN, S; WONGWISES, S; SHADLOO, M. S.. A review of recent progress in biogas upgrading: with emphasis on carbon capture. *Biomass And Bioenergy*, [S.L.], v. 160, p. 106422, maio 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2022.106422>.

AJAY, C. M.; MOHAN, S.; DINESHA, P.. Decentralized energy from portable biogas digesters using domestic kitchen waste: a review. **Waste Management**, [S.L.], v. 125, p. 10-26, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2021.02.031>.

ALVES, L. R.. INDICADORES DE LOCALIZAÇÃO, ESPECIALIZAÇÃO E ESTRUTURAÇÃO REGIONAL. In: PIACENT, Carlos Alberto; LIMA, Jandir Ferreira de (org.). **Análise Regional: metodologias e indicadores**. Curitiba: Camões, 2012. Cap. 3. p. 25-44.

ARAÚJO, J. E. S.; MOURA, K. H. L.; ROCHA, R. M.. **Evidências da distribuição espacial das indústrias do nordeste brasileiro a partir do índice de ellison e glaeser**. *Planejamento e Políticas Públicas*, n. 49, p. 291-319, jul. 2017.

CAETANO, B. C.; SANTOS, N. D. S. A.; HANRIOT, V. M.; SANDOVAL, O. R.; HUEBNER, R.. Energy conversion of biogas from livestock manure to electricity energy using a Stirling engine. **Energy Conversion And Management: X**, [S.L.], v. 15, p. 100224, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecmx.2022.100224>.

COLATTO, L.; LANGER, M. Biodigestor – resíduo sólido pecuário para produção de energia. *Unoesc & Ciência - ACET*, [S. l.], v. 2, n. 2, p. 119–128, 2012. Disponível em: <https://periodicos.unoesc.edu.br/acet/article/view/738>. Acesso em: 7 set. 2022.

DUARTE, J. G. P.; FARIAS, A. A.; SOUSA, F. A. S.; SOUZA, J. T. A.; RAMOS, M. M. Q.. Secas e Impactos na Agropecuária no Município de Campina Grande - PB. **Revista Brasileira de Meteorologia**, [S.L.], v. 33, n. 2, p. 289-297, jun. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/0102-7786332008>

ELLISON, G.; GLAESER, E. L.. Geographic concentration in US manufacturing industries: a dartboard approach. **Journal of political economy**, v. 105, n. 5, p. 889-927, 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGORPECUARIA – EMBRAPA. **EMBRAPA CAPRINOS E OVINOS**. Esterqueira, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/paratec-controlado-integrado-verminoses/vermes/caprinos-ovinos/esterqueira>.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. Balanço Energético Nacional (BEN) 2012: Ano base 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022> . Acesso em: 12 jun 2022.

HERNÁNDEZ, C. C. P.; GÓMEZ, G. L.; CALZADA, M. H.. Concentración, diversidad y especialización del cooperativismo en México: aplicación de un análisis exploratorio de datos espaciales. *Revesco. Revista de Estudios Cooperativos*, [S.L.], v. 140, p. 1-23, 9 fev. 2022. Universidad Complutense de Madrid (UCM). <http://dx.doi.org/10.5209/reve.79941>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. **Tabela 3939 - Efetivo dos rebanhos, por tipo de rebanho**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/3939#notas-tabela> . Acesso em: 20 abr. 2022.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector; International Energy Agency: Paris, France, 2021; pp. 18–19. 2.

IPCC. 2018: Global Warming of 1.5 °C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5 °C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty; Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Pörtner, H.-O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P.R., Pirani, A., Moufouma-Okia, W., Péan, C., Pidcock, R., et al., Eds.; IPCC: Geneva, Switzerland, 2019.

IRENA (2022), World Energy Transitions Outlook 2022: 1.5°C Pathway, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.

LIN, H. L.; LI, H. Y.; YANG, C. H.. Agglomeration and productivity: firm-level evidence from china's textile industry. **China Economic Review**, [S.L.], v. 22, n. 3, p. 313-329, set. 2011. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chieco.2011.03.003>.

LONGHI, C.; MUSOLESI, A.; BAUMONT, C.. Modeling structural change in the European metropolitan areas during the process of economic integration. *Economic Modelling*, [S.L.], v. 37, p. 395-407, fev. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.econmod.2013.10.028>.

MATTEI, T. F.; MATTEI, T. S. Métodos de Análise Regional: um estudo de localização e especialização para a Região Sul do Brasil. *Revista Paranaense de Desenvolvimento*, Curitiba, v. 38, n. 133, p. 227-243, jul/dez 2017.

MENDOZA-TOLOSA, H. A.; CAMPO-ROBLEDOS, J.. Local de produção regional e especialização na Colômbia. **Revisão de Finanças e Política Econômica**, v. 9, não. 1 p. 113-134, 2017. <https://doi.org/10.14718/revfinanzpolitecon.2017.9.1.7>

MONASTERIO, L. Indicadores de análise regional e espacial. In: CRUZ, B. O.; FURTADO, B. A.; MONASTERIO, L.; RORDIGUES JÚNIOR, W. **ECONOMIA REGIONAL E URBANA: teorias e métodos com ênfase no Brasil**. Brasília: Ipea, 2011. p. 315-331.

NOGUEIRA, L. A. H.; CAPAZ, R. S.; LORA, E. S.. Bioenergia no Brasil: onde estamos e quais nossos horizontes. **Revista Brasileira de Energia**, [S.L.], v. 27, n. 3, p. 8-43, 17 ago. 2021. *Revista Brasileira de Energia*. <http://dx.doi.org/10.47168/rbe.v27i3.640>.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE – UNFCCC (2016). Report of the Conference of the Parties on its twenty-first session, held in Paris from 30 November to 13 December 2015. Part two: Action taken by the Conference of the Parties at its twenty-first session. Decisions adopted by the Conference of the Parties. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement/key-aspects-of-the-paris-agreement#:~:text=The%20Paris%20Agreement's%20central%20aim,further%20to%201.5%20degrees%20Celsius>. Acesso em: 22 jun 2022.

WORLD BIOENERGY ASSOCIATION – WBA. **Global bioenergy statistics, 2021**. Disponível em: <https://www.worldbioenergy.org/global-bioenergy-statistics/>. Acesso em: 17 jun 2022.

YALCINKAYA, S.; RUHBAS, Y.. Spatiotemporal analysis framework for identifying emerging hot spots and energy potential from livestock manure in Turkey. **Renewable Energy**, [S.L.], v. 193, p. 278-287, jun. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.148>.