

LUZIA APARECIDA BISPO LEITE

POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DA CADEIA DE AÇÚCAR PARA A  
MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DO PARANÁ

CASCABEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2019

LUZIA APARECIDA BISPO LEITE

POTENCIAL DE CONTRIBUIÇÃO DA CADEIA DE AÇÚCAR PARA A  
MATRIZ ENERGÉTICA DO ESTADO DO PARANÁ

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Maritane Prior

Coorientador: Erivelto Mercante

Jair Antônio Cruz Siqueira

CASCAVEL  
PARANÁ – BRASIL  
MARÇO – 2019

Catálogo-na-Publicação (CIP)

- L533 Leite, Luzia Aparecida Bispo  
Potencial de contribuição da cadeia de açúcar para a matriz energética do estado do Paraná / Luzia Aparecida Bispo Leite; Maritane Prior, Erivelto Mercante, Jair Antônio Cruz Siqueira .--- Cascavel (PR ), 2019.  
64 f.
- Dissertação (mestrado), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Energia na Agricultura
1. Energia - Fontes alternativas. 2. Cana - de - Açúcar. 3. Resíduos. I. Prior, Maritane (Orient.) II. Mercante, Erivelto(Coorient). III. Siqueira, Jair Antônio Cruz(Coorient). IV. Título .

CDD 333.794

## LUZIA APARECIDA BISPO LEITE

Panorama da cadeia sucroalcooleira para a matriz energética no Estado do Paraná

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biocombustíveis, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



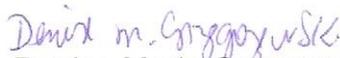
Orientador(a) - Maritane Prior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Reginaldo Ferreira Santos

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Denise Maria Grzegozewski

Universidade Federal da Fronteira Sul - Campus de Laranjeiras do Sul (UFFS)

Cascavel, 22 de março de 2019

*A meu esposo, filhos, nora e neto.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus em nome de seu filho amado Jesus Cristo, por não ter deixado me esmorecer diante das dificuldades que encontrei no decorrer desses anos, superando com muitos sacrifícios os obstáculos impostos no meu caminho.

Agradeço ao meu amado esposo pela sua imensa ajuda e compreensão, aos meus filhos, José Victor, Antônio Gabriel e Guilherme Henrique, por todo entendimento acerca da importância e do significado que o referente título tem para mim.

Agradeço à minha nora, Tatiane Andréia, que me ajudou com incentivo e animação nos momentos em que precisei e, em especial, agradeço a meu neto, José Lorenzo, que, mesmo sem entender nada, renovou a minha alegria na vida e expectativa de um mundo melhor para ele. Agradeço com muito carinho à minha orientadora, professora Dra. Maritane Prior, por toda paciência, compreensão e dedicação, sem a qual jamais conseguiria chegar até aqui. Agradeço a todos meus amigos e professores que colaboraram no decorrer deste curso.

Aos Coorientadores professor Erivelto Mercante e professor Jair Antônio Cruz Siqueira.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura - PPGEA, pelo acolhimento e oportunidade de realização do curso de Mestrado; À Universidade Estadual do Oeste do Paraná - UNIOESTE, pelo apoio durante o mestrado.

## Lista de Figuras

Figura 1: Clima do Paraná .....	5
Figura 2: Textura do solo do Paraná.....	6
Figura 3: Produção de cana-de-açúcar.....	9
Figura 4: Produtores de cana-de-açúcar paranaense.....	13
Figura 5: Mapa do Brasil com a localização do estado do Paraná .....	15
Figura 6: Área de produção de cada ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar .....	17
Figura 7: Produção de cada ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar.....	20
Figura 8: Produtividade de cada ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar .....	22
Figura 9: Produção de etanol ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar.....	25
Figura 10: Geração de álcool nas mesorregiões .....	27
Figura 11: Geração de álcool nas mesorregiões .....	28
Figura 12: Geração de álcool nas mesorregiões .....	29
Figura 13: Mapas da geração de bagaço da cana-de-açúcar na safra (2009-2017) ..	31
Figura 14: Geração de bagaço nas mesorregiões .....	34
Figura 15: Geração de bagaço nas mesorregiões .....	35
Figura 16: Geração de bagaço nas mesorregiões .....	36
Figura 17: Mapas com os parâmetros analisados de geração de vinhaça .....	38
Figura 18: Geração de vinhaça nas mesorregiões .....	42
Figura 19: Geração de vinhaça nas mesorregiões .....	43
Figura 20: Geração de vinhaça nas mesorregiões .....	44
Figura 21: Geração de palha ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar .....	45
Figura 22: Geração de palha nas mesorregiões.....	47
Figura 23: Geração de palha nas mesorregiões.....	48
Figura 24: Geração palha nas mesorregiões.....	48
Figura 25: Geração de ano torta de filtro safra (2009-2017) da cana-de-açúcar .....	50
Figura 26: Geração de palha nas mesorregiões.....	53
Figura 27: Geração de torta de filtro nas mesorregiões.....	54
Figura 28: Geração palha nas mesorregiões.....	55

LEITE, Me Luzia Aparecida Bispo Leite, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, março – 2019. **Potencial de contribuição da cadeia de açúcar para a matriz energética do estado do Paraná.** Orientador (a): Prof. Dra. Maritane Prior, Coorientador: Prof. Dr. Erivelto Mercante, Coorientador: Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

## RESUMO

O Brasil obtém sua energia elétrica por várias fontes, sendo a hidráulica a maior delas. Outras fontes de energia complementam a matriz energética do país, como a biomassa, proveniente de culturas energéticas e considerada limpa e segura. Dentre as biomassas, a planta cana-de-açúcar se destaca no país e no estado do Paraná sendo considerada totalmente aproveitável, desde álcool a seus resíduos, vinhaça, bagaço, palha e torta de filtro. Seu cultivo adaptou-se nas regiões norte, noroeste e nordeste do estado. A fim de contribuir com informações quanto a geração de energia no setor sucroalcooleiro, foram gerados mapas correspondentes no período de nove anos safra (2007 – 2017), da área de cultivo, produção, produtividade geração de bagaço e vinhaça no estado do Paraná. Para geração dos mapas foi utilizado o software livre Quantum Gis. No Excel, com dados oficiais da área para cultivo da cana-de-açúcar e sua produção, foi estimada a produtividade da cana-de-açúcar a geração de álcool, geração de bagaço, vinhaça, palha e torta de filtro, aplicando fórmula matemática, de grandezas proporcionais para estimar a quantidade de cada variável. Usou-se metodologia de quartis, quando se considerou classe 1 igual a 0, para todas as variáveis. Verificou-se que ocorreu redução na produção de cana-de-açúcar, álcool e de seus resíduos. Além disso, a possível geração de 215,04MWh pelo bagaço, 26,1MWh pela vinhaça e de 204,8MWh pela palha.

**PALAVRAS-CHAVE:** Energias renováveis; cana-de-açúcar; resíduos.

LEITE, Me Luzia Aparecida Bispo Leite, State University of the West of Paraná, March - 2019. **Potential contribution of the sugar chain to the energy matrix of the state of Paraná.** **Advisor:** Prof. Dr. Maritane Prior, **Coordinator:** Prof. Dr. Erivelto Mercante, **Coordinator:** Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira.

## **ABSTRACT**

Brazil obtains its electric energy by road sources, with hydraulics being the largest. Other energy sources complement the country's energy matrix, such as biomass, from energy crops and are considered clean and safe. Among the biomasses, the sugarcane plant stands out in the country and in the state of Paraná, being considered totally usable, from alcohol to its residues, vinasse, bagasse, straw and filter cake. Its cultivation was adapted in the regions north, northwest and northeast of the state. In order to contribute to the sugar and alcohol industry, through the free software Quantum Gis, maps were generated, from the area of cultivation, production, productivity, generation of bagasse and vinasse in the state of Paraná. For regression analyzes, vinasse and bagasse generation data were used for the municipalities of each mesoregion, with municipalities with zero generation being eliminated. And in Excel, with official data from the area for sugarcane cultivation and its production, the productivity of sugarcane was estimated to be the generation of alcohol, generation of bagasse, vinasse, straw and filter cake, applying formula mathematics, of proportional quantities to estimate the quantity of each variable. Concluding, after data studies, the decrease in the production of sugarcane, alcohol and its residues. In addition, the possible generation of 215.04MWh for bagasse, 26.1MWh for vinasse and 204.8MWh for straw.

**KEYWORDS:** Renewable energy; sugar cane; waste.

## ÍNDICE

<b>RESUMO .....</b>	<b>Vi</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>vii</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>	<b>3</b>
<b>2.1 Contextualização da produção de cana-de-açúcar .....</b>	<b>3</b>
<b>2.2 Produtos derivados da cana-de-açúcar .....</b>	<b>7</b>
<b>2.3 Levantamento da produção de cana-de-açúcar no Paraná .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Palhaça de cana-de-açúcar .....</b>	<b>9</b>
<b>2.5 Bagaço da cana-de-açúcar .....</b>	<b>9</b>
<b>2.6 Vinhaça .....</b>	<b>10</b>
<b>2.7 Torta de filtro .....</b>	<b>12</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>16</b>
<b>5. CONCLUSÃO .....</b>	<b>52</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>

## 1. INTRODUÇÃO

A modernização trouxe consigo o consumismo de energia, um bem fundamental para as indústrias em seus processos produtivos e indispensáveis à população, seja em áreas urbanas ou rurais. A energia está presente desde um simples “click” para ligar ou desligar uma lâmpada até as mais complexas atividades que exijam energia (GONZÁLEZ-MAHECHA, et al., 2019).

No Brasil, a maior fonte de energia é hidráulica, representando 65,2% na matriz energética gerando em 2017 370.906 GWh sendo 2,6% menor que no ano de 2016 (BEM, 2018). Essa redução faz lembrar a crise hídrica no país, em 2012-2015, que provocou redução na geração de energia elétrica nas hidrelétricas brasileiras, deixando milhares de casas sem fornecimento desse bem precioso nos tempos atuais (SILVA, 2017; HUNT, SILPEN e DE FREITAS, 2018).

O país dispõe também de outras fontes de energia em sua matriz energética como biomassa, proveniente de culturas energéticas, que vem sendo analisadas e acompanhadas, seja na sua produção quanto às áreas disponíveis e áreas em expansão para a essas culturas, possibilitando aumento em quantidade e qualidade, sem invadir áreas denominadas as outras espécies, favorecendo a população e o meio ambiente (TRIPATHI et al., 2019). A biomassa, fonte de energia renovável, vem se destacando a cada dia, sendo considerada uma aliada para obtenção de mais energia limpa e segura (BEN, 2017; BILGILI et al., 2015).

Dentre as biomassas, a cana-de-açúcar se destaca no país e no estado do Paraná, principalmente nas regiões noroeste, norte e nordeste. A planta cana-de-açúcar colabora como fonte de energia renovável para que o Brasil seja elencado como um dos maiores produtores de etanol, cultivada desde a época do Brasil colônia, essa cultura tem grande espaço na economia por produzir energia limpa, sendo considerada totalmente aproveitável, desde seus produtos a seus resíduos (BENITES LAZARO, GIATTI e GIROLLA; LIMA, et al., 2018). Seus resíduos, como o bagaço da cana-de-açúcar, vem sendo uma alternativa para geração de mais etanol nas biorefinarias, possibilitando aumento do combustível energético renovável com a mesma quantidade de cana-de-açúcar usada na obtenção do etanol de primeira geração (ANDRADE et al., 2017).

Além de fonte para etanol de segunda geração, o bagaço, assim como a vinhaça e a palha de cana-de-açúcar, pode fornecer energia para as usinas sucroalcooleiras e suprir sua demanda de energia por fontes energéticas renováveis (JOPPERT, et al.,2017). De várias maneiras, os resíduos da cana-de-açúcar são utilizados em suas unidades geradoras, como na obtenção de energia elétrica, calorífica e adubo, favorecendo as próprias usinas produtoras de etanol e açúcar (CORTS RODRÍGUEZ et al., 2018).

O Brasil é um grande produtor de cana-de-açúcar, mas suas produções são mais especificamente nas regiões sudeste, centro-oeste, nordeste, norte e sul. Destacando o estado de São Paulo na região sudeste, o maior produtor do país e em quinto lugar o Paraná com uma produção de 37.477,4 mil toneladas de cana no ano safra 2017/2018 (CONAB, 2018). Segundo o relatório do Balanço Energético Nacional 2018, ano base 2017, a energia elétrica gerada por bagaço de cana-de-açúcar no país chegou a 35.655GWH (Giga watt-hora) no respectivo ano base, o Estado do Paraná produziu 1.510GWH (CONAB, 2018).

As produções de cana-de-açúcar no Brasil estão localizadas em vários pontos em grandes áreas e, monitorar individualmente cada área, torna-se um trabalho oneroso para empresas e produtores. Neste aspecto, as tecnologias de geoinformações são usadas para acelerar o processo de identificação de áreas e tomadas de decisões, para expansão da cultura.

Fazendo o uso da geotecnologia, é possível estimar a produção da cana-de-açúcar nas áreas desejadas, avaliando o índice de desenvolvimento da planta e aspectos relevantes para cultura (RÉVILLION, 2015). Assim, possibilita uma análise da área projetando a produtividade da cana-de-açúcar, ajudando as tomadas de decisões no setor sucroenergético (SCARPARE, et al., 2016).

Objetivo geral: Caracterizar as áreas de produção e plantio da cana-de-açúcar no estado do Paraná em nove anos safra.

Objetivo específico: Quantificar produtividade da cana-de-açúcar nas mesorregiões do estado; quantificar a geração de resíduos como bagaço, vinhaça, palha e torta de filtro da cana-de-açúcar; analisar a cogeração de energia.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Contextualização da produção de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma espécie de gramínea perene alta do gênero (*Saccharum spp.*) nativa das regiões temperadas e tropicais da Ásia (LAM et al., 2015).

Suas variedades comerciais são híbridas do cruzamento das espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum spontaneum*, sua principal característica é o acúmulo de sacarose de *S. officinarum*, e o vigor, adaptação e resistência a doenças de *S. spontaneum*. Todas as espécies de cana-de-açúcar se cruzam e as principais cultivares comerciais são complexos híbridos (BEZERRA et al., 2018).

O Brasil produz cerca de 40% da cana-de-açúcar do mundo, desenvolvido por três principais programas de melhoramento representados pelo CTC (Centro de Tecnologia Canavieira), IAC (Instituto Agrônomo de Campinas) e RIDESA (Rede Interuniversitária sobre Desenvolvimento da Indústria Canavieira) (DE CARVALHO et al., 2018).

Esses programas contam com parcerias privadas, particularmente a RIDESA e IAC, para obtenção de recursos e investimentos na área de pesquisas e desenvolvimentos, sujeitando-os aos propósitos, que visam resultados rápidos e precisos, dificultando pesquisas mais complexas de longo prazo (DE CARVALHO e FURTADO 2018).

Contudo, as variedades desenvolvidas por esses programas são cultivadas em grandes áreas plantações, em diversas regiões do Brasil (CONAB, 2018).

Após o plantio, entre 20 e 30 dias, surgem brotos, sistemas radiculares e seus perfilhos. Em um período de 40 a 120 dias depois de plantada, completa seus perfilhamentos que ocorre com os processos fisiológicos de ramificação, apresentando números de colmos essenciais para produção (MANHÃES et al., 2015).

Segundo a EMBRAPA (2019), o plantio depende da variedade da cana-de-açúcar e sua região. Para cana de ano-e-meio (cana de 18 meses), ocorre entre os meses de janeiro e março, a cana de ano (cana de 12 meses) ocorre no período de

outubro a novembro e plantio de inverno, realizado entre os meses de maio a setembro. A colheita ocorre entre os meses de abril e novembro para a região centro-sul, bem como entre novembro e abril para a região nordeste.

A colheita depende da maturação, que é indicador importante para avaliar a quantidade de açúcar que contém quando a cana atinge o teor mínimo de sacarose de 13% do peso do colmo, necessário para que possa ser viável industrialmente (MANHÃES et al., 2015).

De acordo com EMBRAPA (2005) e Franco et al. (2015), depois do plantio estima-se que a lavoura de cana-de-açúcar possa durar entre quatro e cinco anos, com até quatro colheitas, aproveitando seu crescimento anual, chamado "soca" e "resoca", sendo possível até nove colheitas em algumas áreas na região sul e sudeste do país, após esse período são renovadas as áreas decorrente a diminuição da produtividade que ocorre necessitando de adubação para o plantio de novas estacas.

As condições edafoclimáticas como precipitação pluviométrica, temperatura, umidade relativa e horas de brilho solar influenciam diretamente na cultura de cana-de-açúcar e sua produção também depende dos fatores genéticos, fisiológicos (variedade, idade, tamanho e sanidade das gemas) e fitotécnicos (práticas agrícolas realizadas no campo) (MANHÃES et al., 2015).

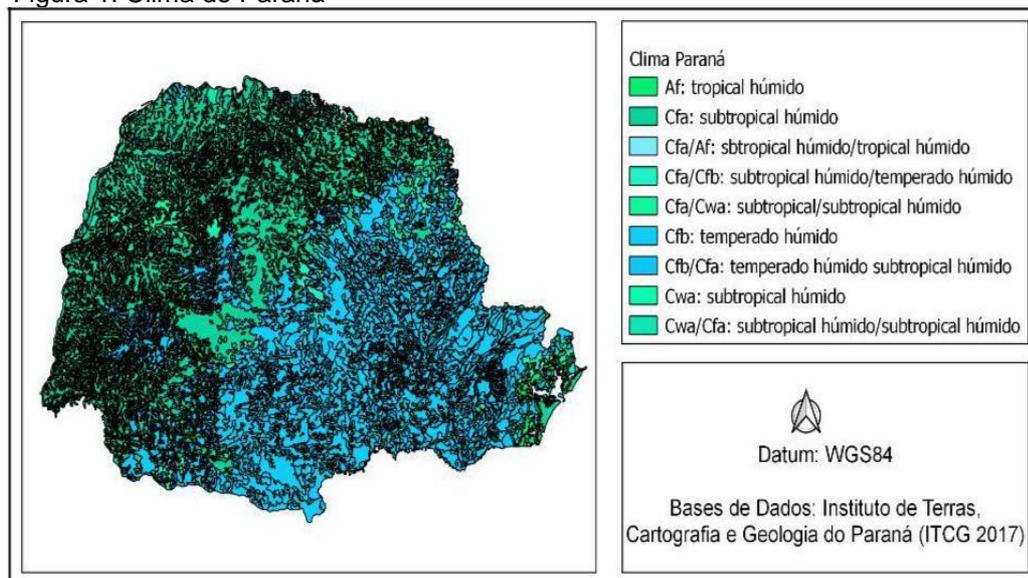
Em geral, a cana-de-açúcar precisa de 2 a 6mm de água por dia para obter um bom desenvolvimento, gosta de clima quente e úmido com boa radiação solar, temperaturas médias no período de inverno (DE OLIVEIRA; DE MIRANDA; COOKE, 2018).

Similar a outras culturas, o crescimento das plântulas de cana é determinado por variáveis climáticas, bem como o fornecimento de água e nutrientes, que pode ser controlado por práticas de gestão de culturas (RODRÍGUEZ et al., 2015).

O clima é um fator preocupante para cultura de cana-de-açúcar, por suas variações bruscas e incertas, afetando diretamente o cultivo de cana-de-açúcar (DE CARVALHO; FURTADO 2018).

O estado do Paraná apresenta clima predominante subtropical úmido. O clima tem influência direta no solo proporcionando quantidades de água em sua estrutura. Na Figura 1, pode-se observar o clima do Paraná e de suas regiões.

Figura 1: Clima do Paraná



Fonte: ITCG (2017)

O clima do Paraná se caracteriza com tropical e subtropical úmido, favorecendo o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar. No entanto, segundo Zullo Jr e Koga-Vicente (2016), a mudança climática continuará afetando a produção desta cultura.

O tipo de solo influencia na produção dessa planta, por necessitar de uma quantidade elevada de água, os solos com características mais argilosos e médios proporcionam maior quantidade de retenção desse elemento favorecendo o desenvolvimento da planta (DOS SANTOS; SENTELHAS, 2014).

Para Barbosa et al. (2018), solos franco-arenosos proporcionam uma menor resistência a penetração de suas raízes possibilitando o desenvolvimento da espécie sem muitos esforços na obtenção de nutrientes e água aumentando sua produtividade.

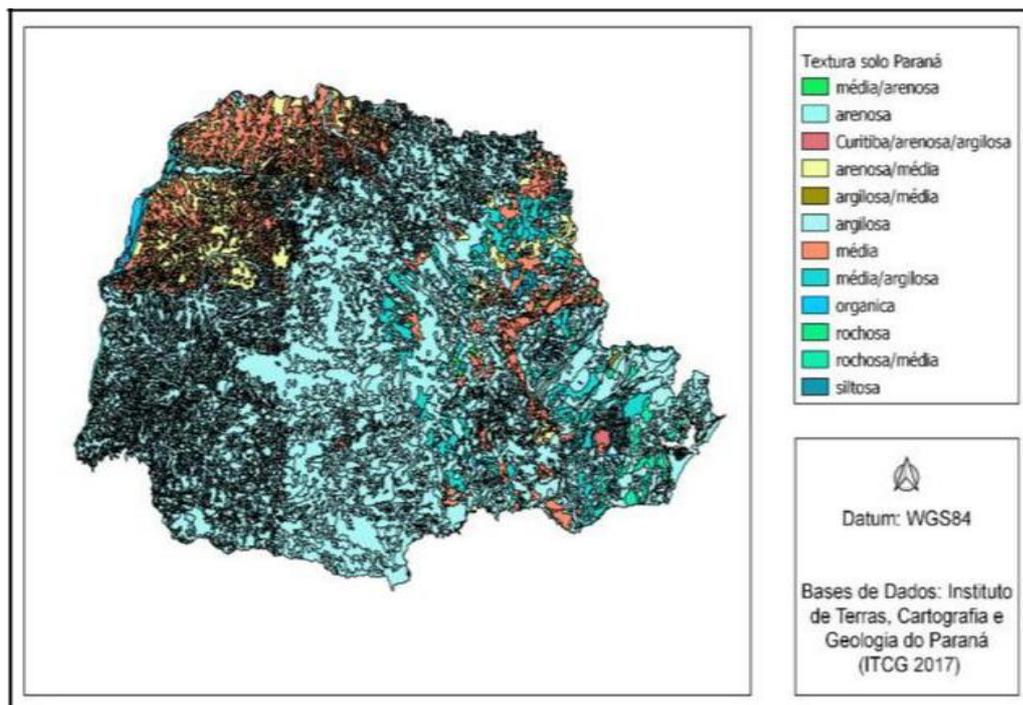
O solo arenoso e argiloso facilita o crescimento da cana-de-açúcar produtiva, em virtude de composto orgânico e do pH, sendo esses os atributos mais importantes que afetam diretamente o potencial de rendimento perante o espaço e tempo, a disponibilidade de fósforo (P) pode ser diretamente associada à quantidade de matéria orgânica no solo, conforme apontam os estudos de Sanches, Magalhães e Franco (2019). Os relevos podem ter declive entre 2 a 5%, suas raízes profundas conseguem capturar os elementos necessários em solos profundos com boa capacidade de retenção hídrica (ALAMILLA-MAGANA et al., 2016).

Mesmo com tecnologias proporcionando novos genótipos favoráveis ao setor sucroalcooleiro, possibilitando a expansão de sua produção em relação ao cultivo da cana-de-açúcar em áreas antes não favoráveis em virtude do solo e clima de cada região, esses elementos são fundamentais para uma boa produtividade industrial (BALESTRO et al., 2017).

Segundo BARBOSA et al. (2018), solos franco-arenoso proporcionam uma menor resistência a penetração de suas raízes possibilitando o desenvolvimento da espécie sem muitos esforços na obtenção de nutrientes e água aumentando sua produtividade. A produção da cana-de-açúcar, assim como seu cultivo e bom desenvolvimento, está relacionada ao clima, solo, disponibilidade de água presente neste solo e ao uso de manejo da respectiva terra, bem como características da área, variedade da cana plantada e idade dos respectivos canaviais (ARCOVERDE et al., 2018).

No noroeste e norte do Paraná, a cultura de cana-de-açúcar sucessora das antigas lavouras de café em seus solos de arenito, arenito-basalto e basalto, possibilitou o desenvolvimento dessas respectivas regiões e localidades (CHICATI et al., 2017). Nos solos do Paraná, a textura argilosa é que se destaca, no entanto, a região noroeste demonstra uma textura média e arenosa/média, diferente da região norte onde a textura argilosa está em evidência. No nordeste do estado, a textura média/argilosa sobressai com a média e arenosa/média, sendo que na figura 2 temos demonstradas as texturas do Estado Paraná.

Figura 2: Textura do solo do Paraná



Fonte: ITCG (2017)

## 2.2 Produtos derivados da cana-de-açúcar

Na década de 1930, o etanol foi adicionado à gasolina para uso em automóveis brasileiros e, em 1970, pelo Programa Brasileiro de Álcool patrocinado pelo governo (Proálcool) foi efetivamente promovido como uma alternativa completa para substituição do combustível fóssil (MORAES; ZILBERMAN, 2014).

No Brasil, as unidades produtoras sucroalcooleiras em atividade passam de 367, gerando mais de 794 mil empregos formais apenas pelo setor produtivo. Com o somatório dos empregos indiretos no setor cerca 2,4 milhões de pessoas estão empregadas na cadeia da cana-de-açúcar.

As exportações de açúcar e de etanol possibilitaram US\$12,2 bilhões em divisas externas geradas com as exportações. Com esse resultado, o setor sucroenergético foi o 3º segmento na pauta de exportação o agronegócio do Brasil no ano de 2017, ficando atrás pelo complexo da soja, carnes e produtos florestais (UNICA, 2018).

Além do açúcar e etanol gerados no processamento dessas cultivares, seus resíduos como bagaço e vinhaça contribuem com a produção de biocombustível e eletricidade (MORATO et al., 2018). Esses resíduos industriais têm sido assunto de

debates por todos os continentes, pois podem se tornar um problema de proporções ambientais. A produção na safra 2016 – 2017 foi aproximadamente 186 milhões de toneladas de bagaço resultante da produção de 690 milhões toneladas de cana-de-açúcar (MAO et al., 2018). Os detritos como a biomassa podem ser utilizados para mais produção de álcool por processo enzimático chamado de etanol de segunda geração, aumentando a demanda de biocombustíveis (NAKANISHI et al., 2018).

O Etanol de segunda geração passa por pré-tratamento que visa separar lignina da celulose e da hemicelulose, convertendo estes polissacarídeos em açúcares para fermentação, seguindo para hidrólise enzimática da celulose, que é feita por microrganismos capazes de hidrolisar celulose.

Em seguida, a glicose obtida pelo processo de hidrólise é fermentada e depois destilada, conforme os procedimentos usados para produzir etanol de primeira geração produzindo, assim, uma segunda geração de etanol (BERNIER OVIEDO et al., 2018). Para Oladi e Aita (2017), estudos estão sendo realizados visando melhoria na qualidade do bagaço de cana-de-açúcar visando à obtenção de bioenergia.

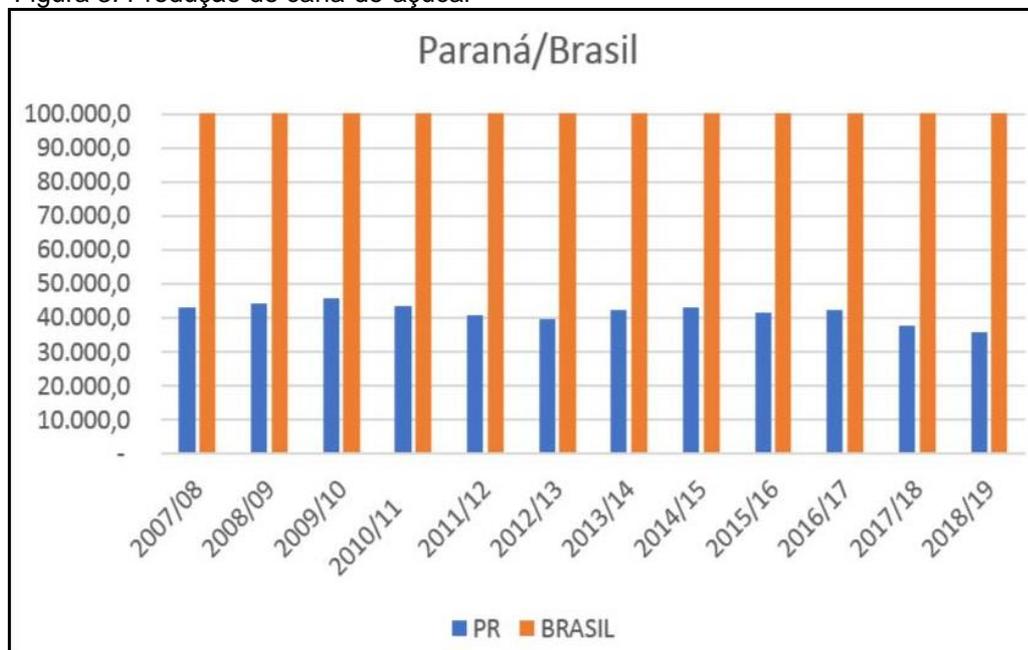
De acordo com Pazuch et al. (2017), a biomassa da cana constituída pelos seus resíduos principais fontes renováveis no mundo, possibilita a substituição dos combustíveis fósseis com grande capacidade de suprir a necessidade de eletricidade nas próprias usinas sucroalcooleiras.

## **2.3 Levantamento da produção de cana-de-açúcar no Paraná**

Nos anos safras de 2007/2008 a 2018/2017, o estado obteve produção média de 499.541,3 toneladas contra 7.293.667,7 toneladas do Brasil, com 6,8% da cadeia produtiva da cana-de-açúcar. Observa-se um crescimento durante 4 anos referentes às safras (2006/007 até 2009/10), decaindo sua produção na safra de 2010/2011 e estabilizado com uma produção menor por duas safras consecutivas (2011/12 e 2012/13), já nas safras 2013/14 e 2014/2015 2016/2017 houve aumento na produção paranaense, porém as safras 2017/2018 e 2018/2019 demonstraram baixa produção comparadas aos respectivos anos safras 2008/2009 e 2009/2010 (CONAB, 2018).

A figura 3 demonstra a participação do Paraná em relação ao Brasil, referente a produção de cana-de-açúcar em toneladas nos anos safras de 2007/2008 a 2018/2019.

Figura 3: Produção de cana-de-açúcar



Fonte: Conab (2018)

## 2.4 Palha de cana-de-açúcar

Conforme Castioni et al. (2018), uma parte das palhas, folhas, ponteiro e restos de colmo promove uma boa estruturação no solo como matéria orgânica, possibilitando o uso de boa parte desse material nas usinas para obtenção de energia (VISCHI FILHO et al., 2015).

A palha vem sendo alvo de estudo, para aproveitamento no setor energético e outros ramos (LEAL et al., 2013; MARTINS et al., 2015; PADILLA et al., 2016). Nas usinas sucroalcooleiras um dos procedimentos é a limpeza do caule da cana-de-açúcar retirando e separando as palhas e ponteiros, para cada tonelada de cana 160kg de palha são retiradas (CARVALHO; VEIGA; BIZZO, 2017).

Segundo Unica (2010), uma tonelada de palha pode gerar 0,5MWh. No Paraná, o consumo médio de uma residência no ano de 2018 chegou a 170kwh, assim um hectare de cana pode fornecer durante um ano bioeletricidade para 8 residências (G1 Pr 2018).

## 2.5 Bagaço da cana-de-açúcar

O bagaço é um material resultante da extração do suco da cana-de-açúcar nas indústrias sucroalcooleiras, contém cerca de 45 a 50% de água, 2 a 5% de açúcar dissolvido e 40 a 45% de fibras. Os principais componentes são celulose (36,0%), pentoses (26,0%), lignina (20,0%) e cinza (2,2%) produzindo aproximadamente 240 a 280kg de bagaço e 200kg de palha e pontas por tonelada de cana moída, sendo empregado desde a revolução industrial na produção de vapor e energia elétrica garantindo a autossuficiência energética das usinas durante o período de safra (PROENZA PÉREZ et al., 2014; EMBRAPA, 2018).

Souza (2016) e De Moraes et al. (2017) afirmam que, com tratamento químico ou físico, o bagaço tem valor nutritivo melhorado, tornando-se um eficiente alimento para ruminantes devido ao seu volume. Sua utilização na produção de etanol celulósico, principal foco de pesquisas, o torna uma alternativa para combustíveis renováveis e energia (MARQUES, 2018; Paganini et al., 2018).

Nas indústrias sucroalcooleiras, a utilização do bagaço como matéria-prima para queima em caldeiras e geração de vapor abastece todo o processo tornando a unidade autossuficiente em energia elétrica. Este mesmo vapor aciona turbo gerador para a produção de energia elétrica, propiciando a venda do excedente para as concessionárias que fazem a distribuição de eletricidade, e seja usada em outros segmentos tornando essas indústrias altamente sustentáveis (BECHARA et al., 2018).

Outra maneira de aproveitamento do bagaço pode ser como carvão aditivado, uma energia alternativa que proporciona adsorção de CO<sub>2</sub>, evitando mais emissões nesse componente que em quantidades elevadas prejudiciais ao ecossistema, conseqüentemente, as plantas energéticas (GONÇALVES et al., 2016). A umidade presente no bagaço dificulta a máxima extração de energia presente neste resíduo da cana. São realizadas análises objetivando aumentar a matriz energética ajudando as próprias indústrias sucroalcooleiras (DAVID et al., 2018).

Uma usina sucroalcooleira com capacidade de moagem de 6 milhões de toneladas de cana-de-açúcar por ano consegue gerar 518.000MW, usando 580t de bagaço por hora consumindo 33MWh e disponibilizando o mesmo valor para rede de

distribuição de energia, ou seja, 33MWh. Sendo possível disponibilizar 201.840MW por ano, direcionando essa energia para as residências seria o suficiente para abastecer mais de um milhão de casas residenciais (DE SOUZA et al., 2018).

Para De Souza et al., (2018), o bagaço de cana possui 50% de umidade, mesmo com essa porcentagem de umidade é empregado na cogeração de energia nas usinas, favorecendo o setor energético, sendo possível a venda do seu excedente na rede de distribuição uma tonelada de bagaço pode gerar 0,3MWH.

Segundo Carpio e De Souza (2017), uma usina sucroalcooleira no período da safra de cana-de-açúcar caso queira produzir bioeletricidade aproveitando o bagaço da cana, teria um custo de R\$170 a R\$204 por 1MWh.

## 2.6 Vinhaça

A vinhaça é um resíduo ou subproduto resultante da fermentação do caldo de cana-de-açúcar ou melaço, também conhecido por vinhoto. É um líquido de coloração marrom escura ácida e com cheiro bem característico, tem em sua suspensão média 7% de sólidos sendo que 75% deste são orgânicos e biodegradáveis, possuindo alta Demanda Química de Oxigênio e Demanda Bioquímica de Oxigênio, dando origem ao seu grande potencial poluidor se empregada de forma incorreta no solo. Sendo orgânica e rica em nutrientes como o potássio que corresponde a 20% em sua composição, principal nutriente que potencializa a dose a ser aplicado ao solo (EMBRAPA, 2018).

Em razão do seu composto físico químico, oferece ampla vantagem nos processos de fertirrigação, porém existe uma preocupação crescente sobre os impactos ambientais que podem ser gerados com a sua aplicação *in natura* no solo, como a salinização, contaminação de aquíferos, depleção na concentração de oxigênio no solo, acidificação, contaminação com nitratos, cloretos e metais como chumbo e zinco (LEME; SEABRA, 2016).

O processo para obter o álcool nas destilarias é chamado de destilação, isto é, uma operação física unitária que visa separar os componentes de uma mistura. De acordo com a volatilidade relativa dos componentes, os mais voláteis passam para a fase de vapor, enquanto os menos voláteis permanecem na fase líquida. Esta

operação é realizada por meio de fervura parcial e condensação da mistura a temperatura de ebulição é a temperatura que faz com que uma substância passe do estado líquido para estado gasoso (BARRETO; COELHO, 2015).

A quantidade de vinhaça produzida varia conforme a porcentagem alcoólica do vinhoto que resultou da fermentação do caldo da cana moída, dependendo da temperatura e o tempo que foi empregado na destilação do álcool, podendo ser entre 11-12 ou 10-15 litros de vinhaça por um litro de etanol produzido (NETO, 2016; TGARGUIFA; ABDERAFI; BOUNAHMIDI, 2018).

Muitos esforços têm sido realizados para encontrar alternativas quanto ao uso, tratamento e descarte adequado da vinhaça, como a reciclagem em processos de fermentação, fertirrigação, concentração por evaporação, produção de levedura, produção de energia e matéria-prima para a produção de ração para gados e aves (CARRILHO; LABUTO; KAMOGAWA, 2016).

No uso como matéria-prima para geração de energia, a vinhaça possui grande potencial na geração de biometano em reatores biodigestor anaeróbicos que proporciona vantagens de baixa produção de lodo, menor necessidade de nutrientes e produção de hidrogênio e/ou metano, que podem ser usados como fontes de energia (JANKE et al., 2018).

O metano é uma das matérias-primas do carbono mais abundantes e, depois do CO<sub>2</sub>, é o gás mais poluente, capaz de causar impacto negativo na camada atmosférica e no aquecimento global (ZAKARIA; KAMARUDIN, 2016). No entanto, com auxílio de tecnologia como os biorreatores, a utilização deste gás danoso ao ambiente tem potencialidade de gerar energia utilizando a vinhaça como matéria-prima (MEYLAN E ERKMAN, 2016).

A eletricidade proveniente do biogás utilizado em uma usina de cana-de-açúcar com grande porte tem capacidade para abastecer cerca de 300 mil habitantes durante o período de colheita (FUESS et al.; DEL NERY et al., 2018). Com o uso de Reatores anaeróbios biológicos a carga orgânica da vinhaça pode ser reduzida, a digestão anaeróbia minimiza carga de poluição presente na matéria orgânica, mantendo o potencial energético e de fertilização, gerando biogás (SURENDRA et al., 2014). No campo, a vinhaça ajuda na decomposição da palha da cana-de-açúcar oriunda da cultura que fica sobre solo após sua colheita (SAYURI et al., 2017; TOGNETI, 2016).

O uso de vinhaça para geração de biogás e geração posterior de energia elétrica é uma alternativa econômica e ambientalmente correta (PAZUCH et. al., 2017).

Para Pazuch et. al. (2017), uma indústria processadora de cana-de-açúcar, geradora de 50.000m<sup>3</sup> de vinhaça por dia, consegue obter 75MWh/dia de eletricidade, pelos biorreatores de energia.

## 2.7 Torta de filtro

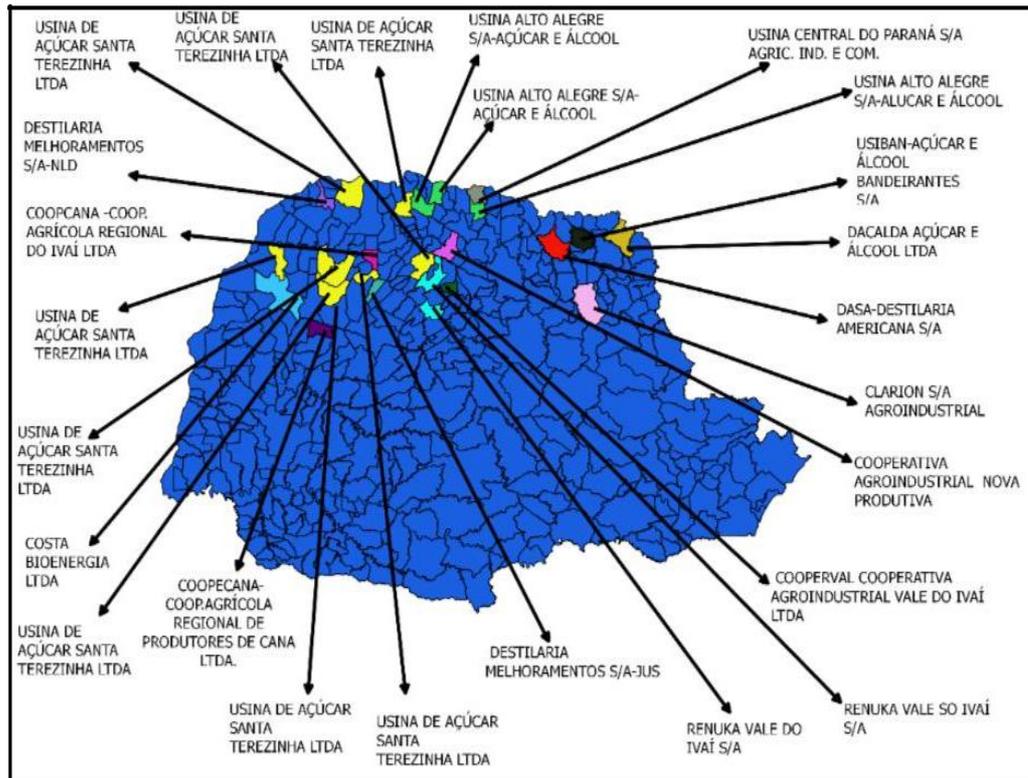
A torta de filtro é um resíduo composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo proveniente do processo de clarificação do açúcar. Com isso, para cada tonelada de cana processada, se produz de 30 a 40kg de torta de filtro (ASSAD, 2017).

Sua composição química depende da variedade e da maturação da cana, tipo de solo e processo usado na clarificação do caldo rico em potássio, mineral dominante na sua composição química. Ademais, o cálcio e nitrogênio fazem com que seja um fertilizante eficaz para própria cultura da cana-de-açúcar (BONASSA et al; NOLLA et al., 2015), pois promove melhoria na fertilidade do solo decorrente do aumento de seus teores de macro e micronutrientes reduzindo os teores de Al agindo como corretivo da acidez do solo (CRUZ et al., 2017; DE ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

Seu uso como fertilizante associado com organofosforado na cultura de cana-de-açúcar proporciona uma menor porcentagem de falhas de colmos sendo viável sua aplicação visando a maior produção de massa (VAZQUEZ et al., 2015).

Conforme ALCOPAR (2016), o estado do Paraná possui atualmente 26 indústrias sucroalcooleiras, localizadas nas regiões noroeste, norte e nordeste do estado e próximas às áreas de cultivo da cana-de-açúcar (Figura 4).

Figura 4: Produtores de cana-de-açúcar paranaense



Fonte: ALCOPAR (2016) - Adaptada pelo autor

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

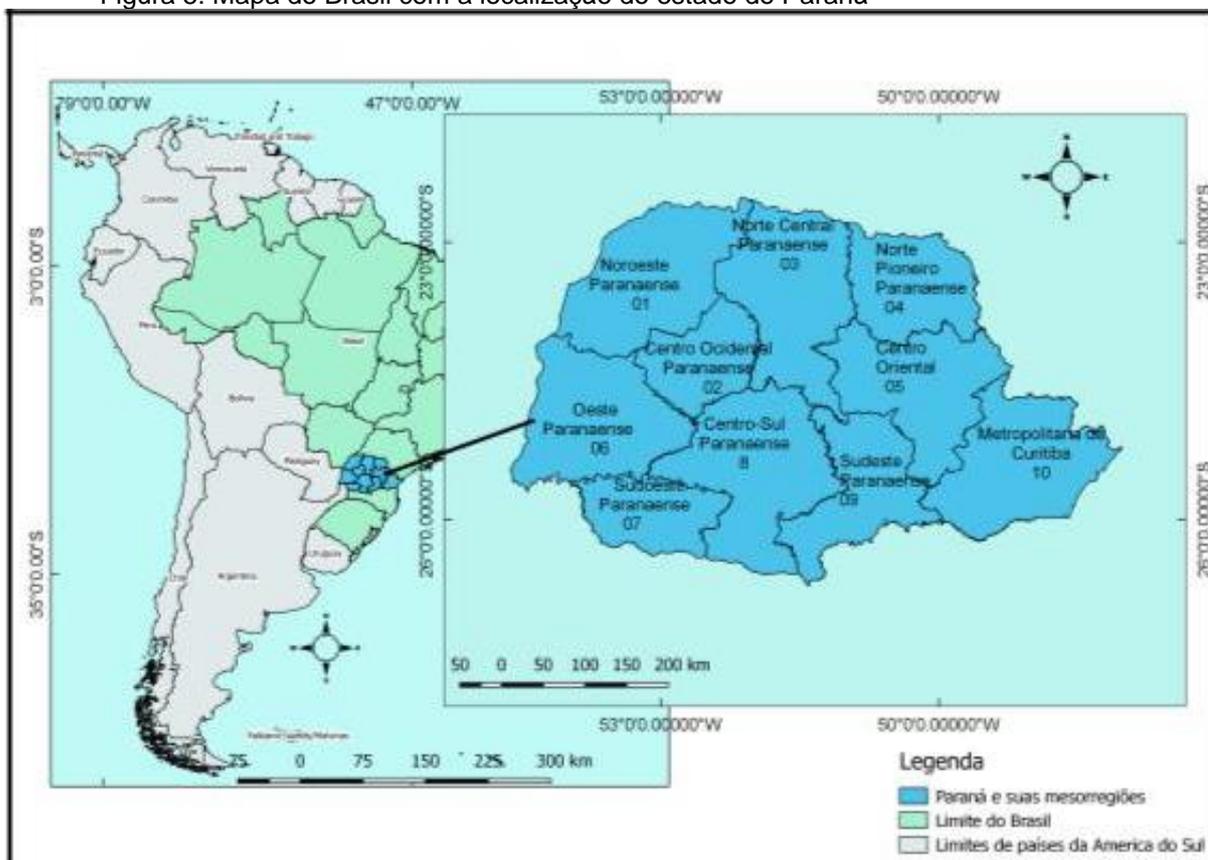
A pesquisa foi desenvolvida no estado do Paraná, localizado entre 22°30'58" e 26°43'00" de latitude Sul e 48°05'37" e 54°37'08" de longitude Oeste, encontra-se no Planalto Meridional e na Região Sul do Brasil, na transição entre os climas tropical e subtropical.

Cerca de 25% do seu território fica na Zona Equatorial (ao norte do Trópico de Capricórnio) e 75% na Zona Temperada do Sul, composto por dez mesorregiões e 399 municípios. Utilizando dados oficiais de produção municipal de cana-de-

açúcar da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná - SEAB, para nove anos-safras, compreendidos entre 2008/2009 e 2016/2017.

Na Figura 4, tem-se a localização do estado do Paraná com suas respectivas mesorregiões.

Figura 5: Mapa do Brasil com a localização do estado do Paraná



Fonte: IBGE (2018)

Por meio do software livre Quantum Gis versão 2.18.28 “Las Palmas” 32 bits, foram realizados os projetos utilizando shapefiles do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) com os dados da Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Paraná, formando as camadas vetoriais para confecções dos mapas sobre os últimos nove anos safras de cana-de-açúcar no Estado do Paraná contendo em seus atributos, municípios, áreas com plantio de cana-de-açúcar, produção, produtividade, geração de bagaço e vinhaça.

Para análises de regressões, foram utilizados dados de geração de vinhaça e de bagaço dos municípios de cada mesorregião, sendo eliminados os municípios com geração igual a zero.

Na legenda dos mapas confeccionados no programa Qgis, usaram-se cinco escalas de ordem crescente, formadas por escalas escolhidas por quartis.

Utilizando-se da metodologia de quartis, considerou-se classe 1 igual a 0 sem área de cultivo, produtividade, produção, geração de bagaço, vinhaça, torta de filtro, palha e álcool.

A segunda classe foi o resultado do primeiro quartil, a terceira classe o segundo quartil, a quarta classe o terceiro quartil e a quinta classe o resultado do quarto quartil realizado para cada variável.

Com os dados da Secretaria de Abastecimento e Agricultura sobre a área disponível para o plantio de cana-de-açúcar e a produção, dos 399 municípios referentes aos anos safras de 2008/2009 a 2016/2017, pelo Excel, foram estimadas a produtividade, geração de álcool, geração de bagaço, geração de palha, vinhaça e torta de filtro, aplicando fórmula matemática de grandezas proporcionais. De acordo com a EMBRAPA (2018), uma tonelada de cana-de-açúcar processada gera aproximadamente 280kg de bagaço. Neste sentido, foi calculada a geração de bagaço para cada município referente ao ano safra.

Usando a relação de proporcionalidade, foi possível encontrar a quantidade de cada variável, para cada ano safra nos respectivos 399 municípios. Para estimar a quantidade de energia gerada pelo bagaço de cana-de-açúcar, usou-se a metodologia de De Souza et al. (2018), onde geralmente, uma tonelada de bagaço de cana-de-açúcar pode gerar 0,3MWh, aplicando também a regra de três simples.

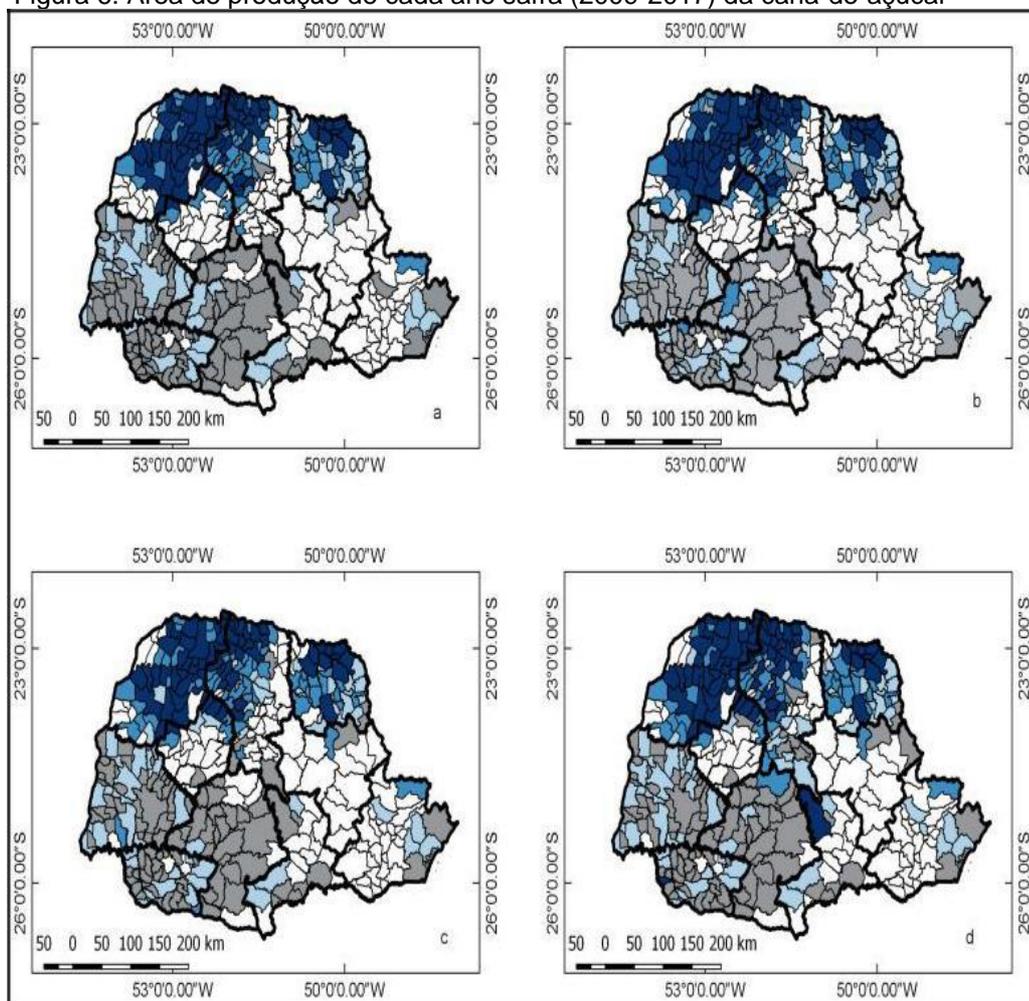
#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

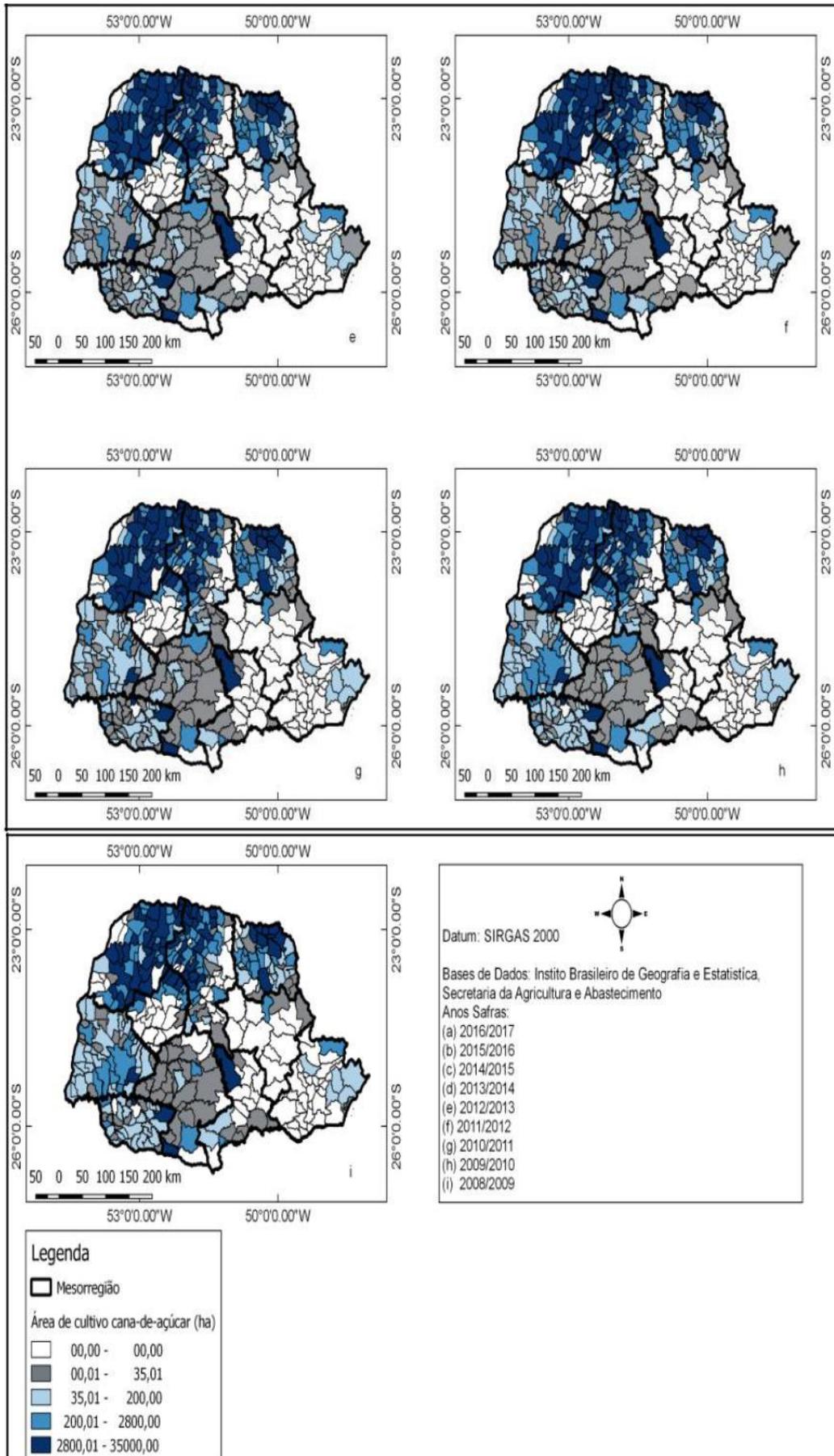
Os locais mais propícios ao cultivo de cana-de-açúcar industrial são situados na bacia do Paraná no terceiro e segundo planalto (DE MORAES; SEER, 2018; MÜLLER, 2017). Nas figuras 06, 07, 08, 09 e 13, são apresentados os mapas com a distribuição espacial dos parâmetros avaliados da área de cultivo, produção, produtividade, bagaço e vinhaça no estado do Paraná.

As áreas destinadas ao cultivo de cana-de-açúcar no Paraná, entre anos safras de 2008 a 2017, foram respectivamente entre 0,001ha a 35000ha,

demonstradas na figura 6 das áreas de cultivo. As figuras a seguir representam os anos safras da cana-de-açúcar de 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificados pelas respectivas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 6: Área de produção de cada ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

O Estado possui áreas de cultivo de cana-de-açúcar de Norte a Sul, com maiores concentrações nas regiões Noroeste, Norte e Nordeste de 0,01ha a 35.000ha. Nos anos safras 2016/2017, 2015/2016 e 2014/2015 (figura 6 “a” “b” “c”), as maiores áreas destinadas ao cultivo de cana se concentraram nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense com 2800,01 ha a 35.000ha, sendo o ano de 2015/2016 o ano com a maior área de cultivo destinada à cultura de cana-de-açúcar.

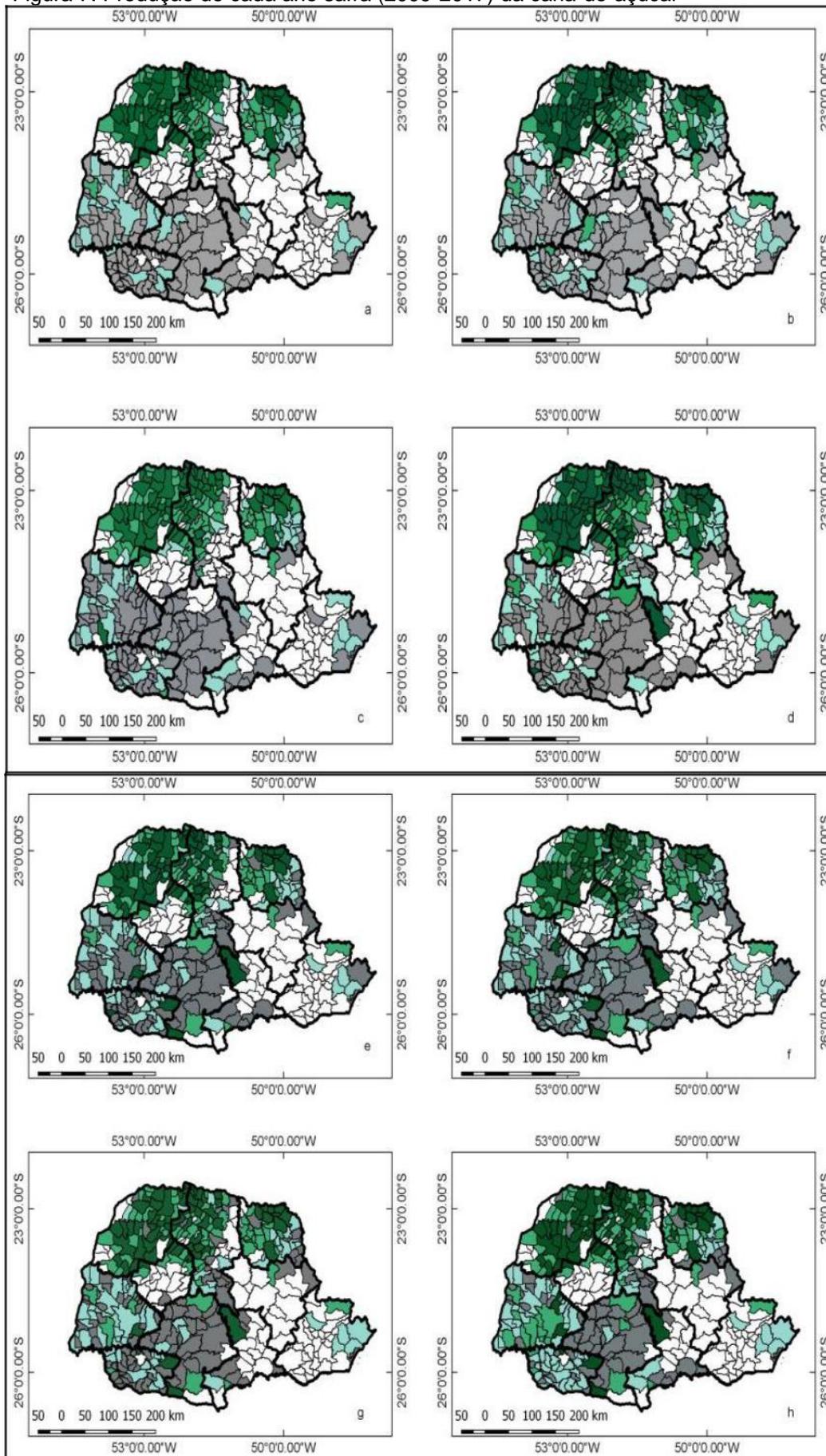
No ano safra 2013/2014 (figura 6 “d”), a mesorregião Sudeste Paranaense apresenta área de cultivo de cana-de-açúcar de 2800,01ha a 35.000ha. Igualando as mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense.

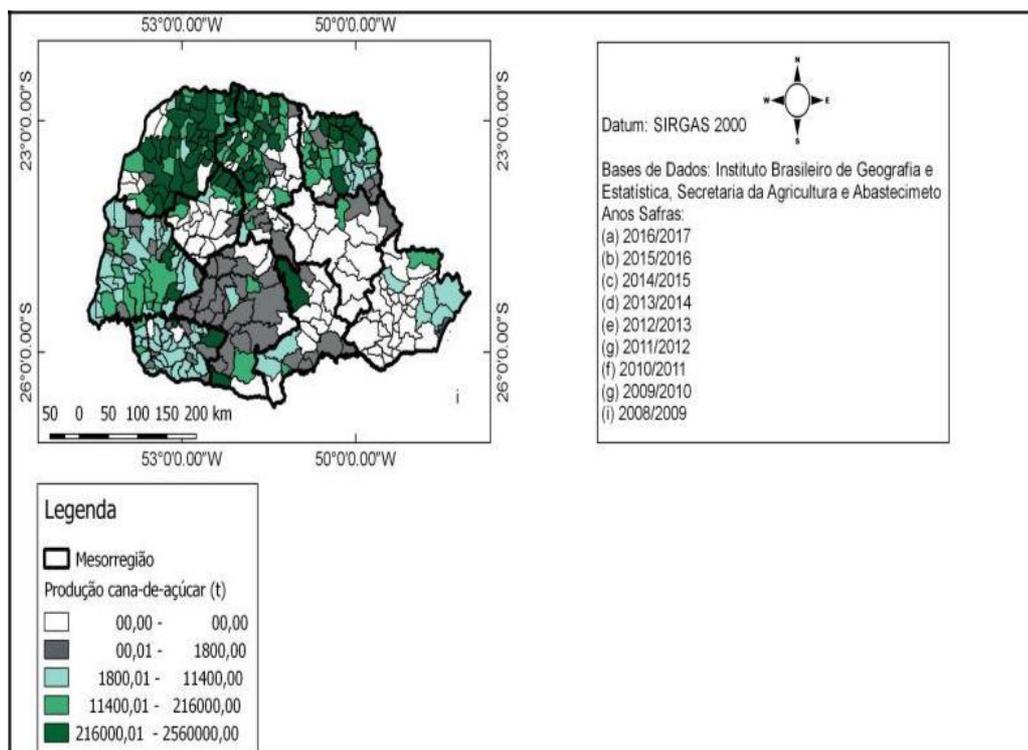
Nos anos safras 2012/2013, 2011/2012, 2009/2010 e 2008/2009 (Figura 6 “f”; “g”; “h” e “i”), as maiores áreas foram destinadas ao cultivo de cana que ocorreu nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense Norte Pioneiro Paranaense, Oeste Paranaense, Sudoeste Paranaense, Centro-Sul e Sudeste com extensão de 2800,01ha a 35.000ha.

O motivo que faz com que as maiores áreas de cultivo da cana-de-açúcar estejam nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense estão relacionados com o zoneamento agroecológico da cana-de-açúcar, sendo estas mesorregiões possuidoras das características favoráveis ao desenvolvimento da cultura de cana-de-açúcar solo, clima e temperatura (MAPA, 2009).

A produção de cana-de-açúcar no Paraná, entre anos safra de 2008 a 2017, ficou respectivamente entre 427.000t a 2.560.000.000t, demonstrado na figura 7 os parâmetros de produção de cana nos anos safra 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificados pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 7: Produção de cada ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

As usinas sucroalcooleiras concentram-se nas mesorregiões, Noroeste Paranaense, Norte Central e Norte Pioneiro do estado, próximas às áreas de cultivo de cana-de-açúcar.

Nos anos safra 2016/2017, 2015/2016 e 2014/2015, (figura 7 “a” “b” “c”) as maiores produções concentraram-se nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense com 216.000,01t a 2.560.000,01t. No ano safra 2013/2014 (figura 7 “d”), a mesorregião Sudeste Paranaense apresenta uma área de cultivo de cana-de-açúcar de 216.000,01t a 2.560.000,01t igualando as mesorregiões Noroeste Paranaense Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense.

E nos anos safras 2012/2013, 2011/2012, 2010/2011, 2009/2010 e 2008/2009 (Figura 7 “e”, “f”; “g”; “h” e “i”) as maiores produções de cana-de-açúcar ocorreram nas mesorregiões Noroeste paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Oeste Paranaense, Sudoeste Paranaense, Centro-Sul e Sudeste com 216.000,01t a 2.560.000,01t.

Observando-se os mapas, percebe-se que a produção da cana-de-açúcar se concentra nessas mesorregiões Noroeste paranaense Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense.

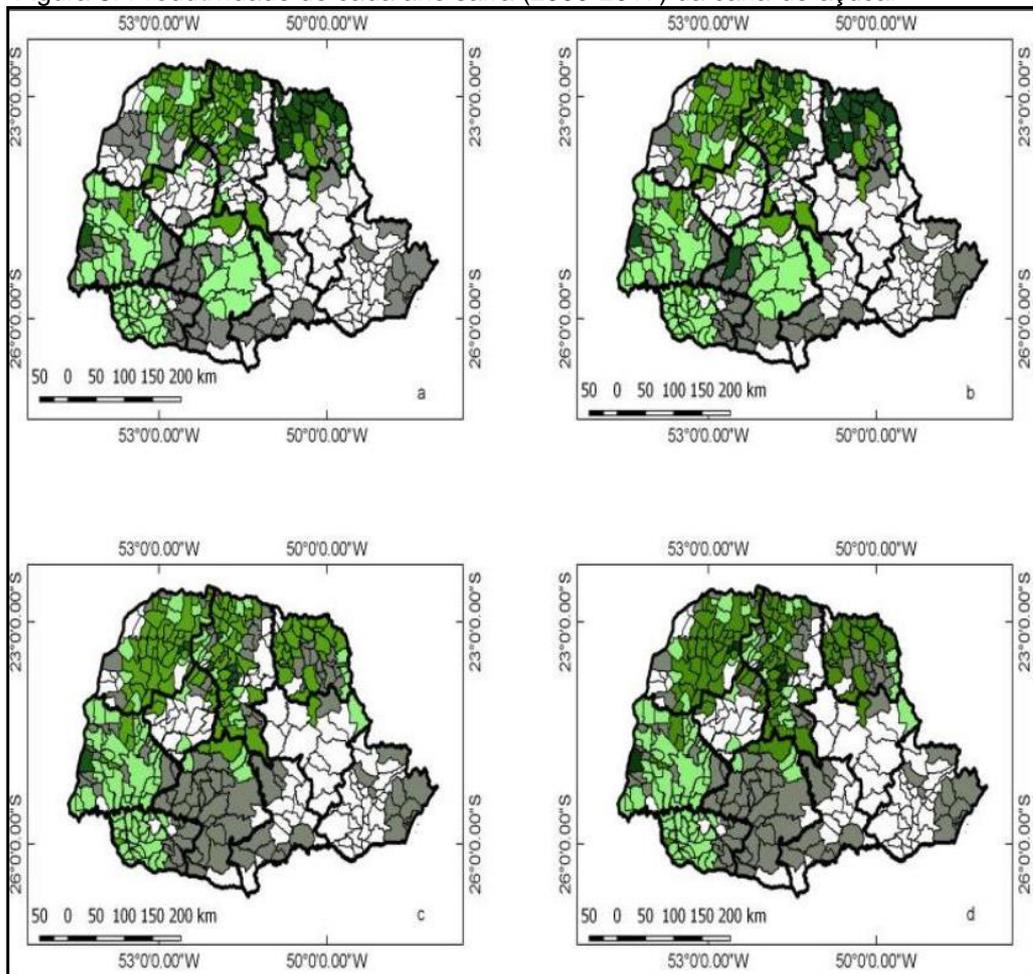
Monteiro (2015) relata que a preferência por essas localidades ocorre em razão das mesorregiões sofrerem menos com incidência de geadas, um fator climático que a cultura de cana-de-açúcar, assim como as demais culturas tropicais, não tolera.

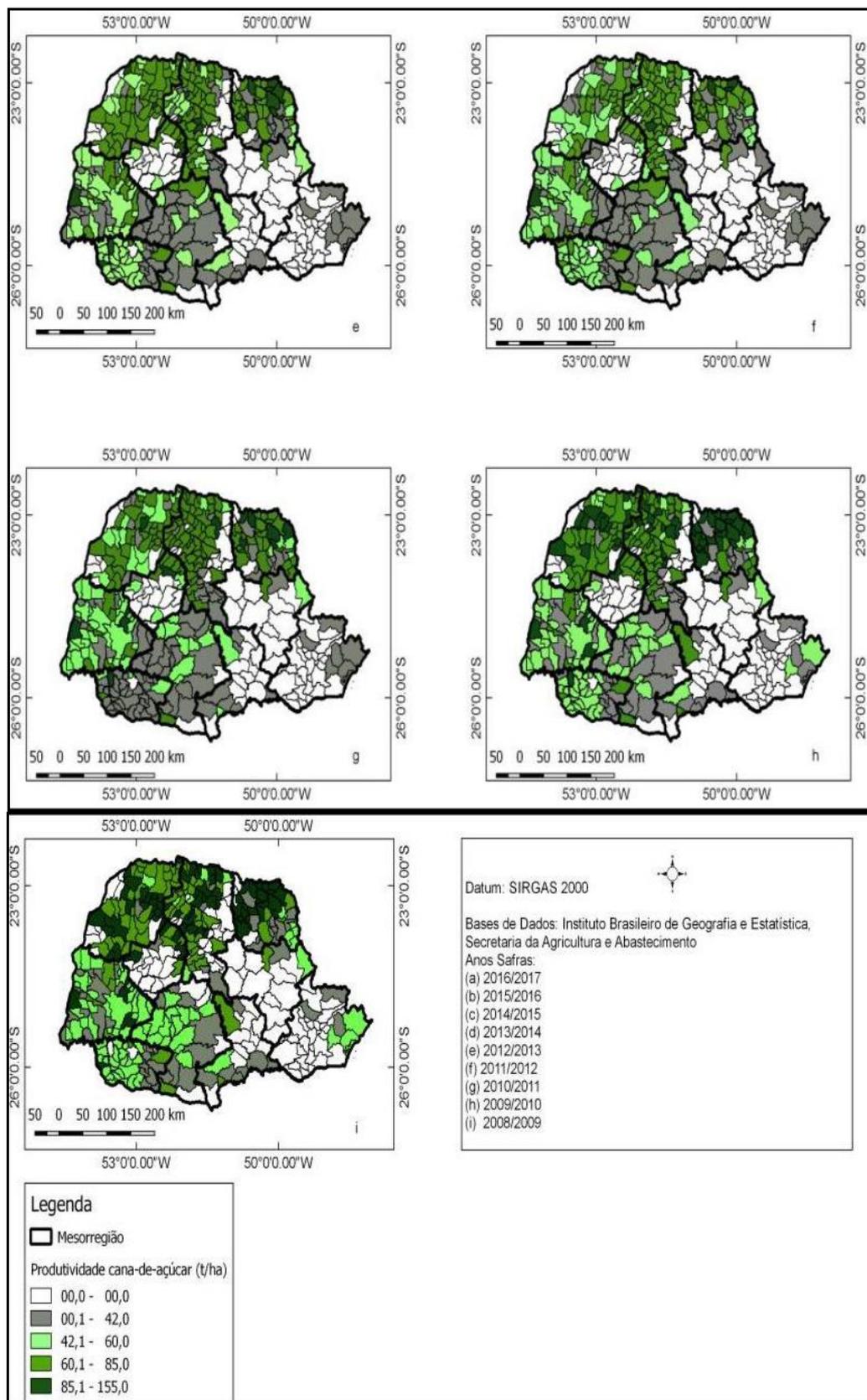
A maior produção ocorreu no ano safra de 2008/2009. De acordo com os dados da SEAB (2013), o excelente cenário de mercado e preço do álcool e açúcar ocorreu no ano safra 2007/2008 sendo este o auge expansão da cana-de-açúcar.

Nos anos safras seguintes, até os anos de 2016/2017, a produção foi menor em decorrência do financeiro das empresas, fusões, vendas de usinas e intervalo de tempo com rendas menores relacionadas ao álcool.

As produtividades de cana-de-açúcar no Paraná, entre anos safras de 2008 a 2017, se deu entre 0,001t/ha a 154.000t/ha conforme demonstrado na figura 8 com parâmetros que evidenciam a produtividade da cana, nos anos safras 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificadas pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 8: Produtividade de cada ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

No ano safra 2016/2017 (figura 8 “a”), a maior produtividade ocorreu nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro

paranaense, Centro Ocidental paranaense e Oeste paranaense variando de 60,01t a 155,00t. O ano safra de 2015/2016 figura “b”, a maior produtividade concentrou-se nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense e Centro Sul Paranaense, variando de 60,01 t a 155,00t. Nos anos safra 2014/2015, 2013/2014, 2012/2013 e 2011/2012 (figura “c”, “d”, “e” “f”), as maiores produtividades concentraram-se nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense e Centro Sul Paranaense, variando de 60,01t a 155,00t.

No ano safra 2010/2011 (figura 8 “g”), as maiores produtividades concentraram-se nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense, Centro Sul Paranaense e Sudoeste Paranaense, variando de 60,01 t a 155,00t, respectivamente neste período.

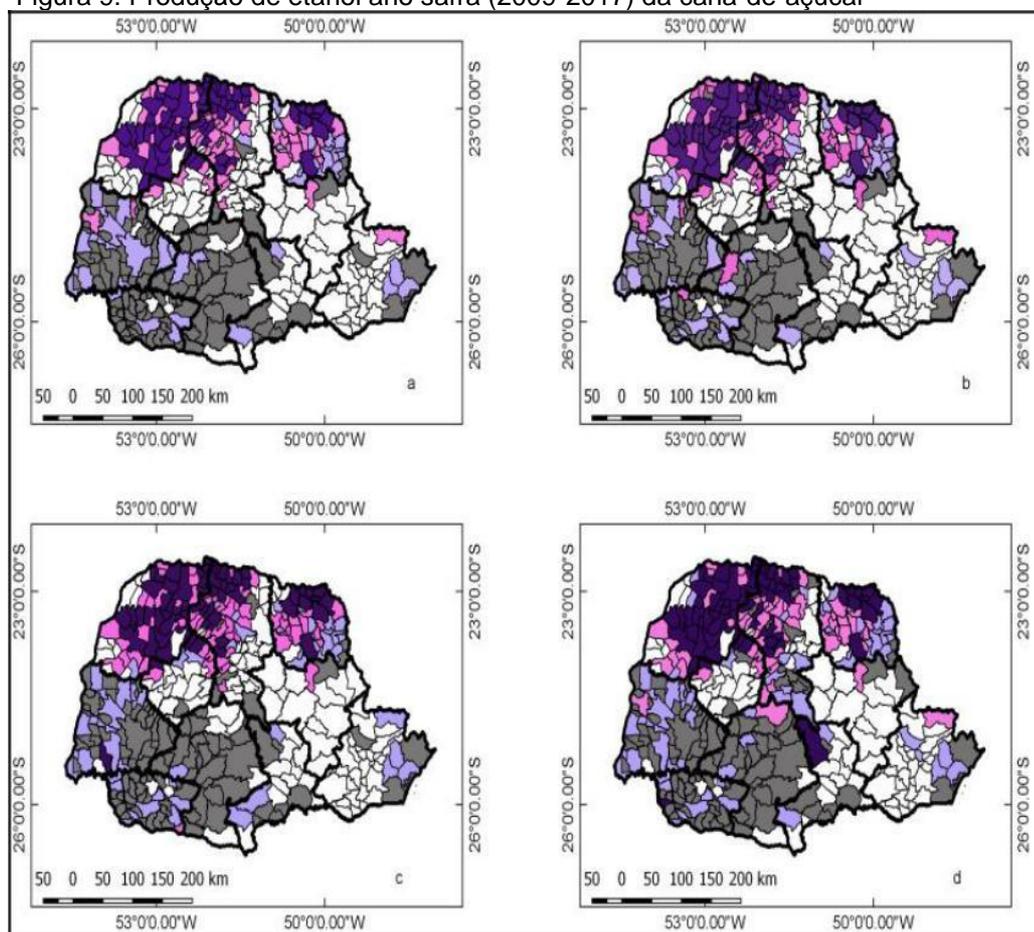
Nos anos safra 2009/2010 e 2008/2009 (figura 8 “h” e “i”), a maior produtividade ocorreu nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense, Centro Sul Paranaense, Sudoeste Paranaense, Sudeste e Centro Ocidental Paranaense, variando de 60,01t a 155,00t. A produtividade da cana-de-açúcar ocorreu no estado inteiro entre 0,001t/ha a 155,0t/ha de cana colhida. No ano safra 2008/2009 (figura 8 “i”) ocorreu maior produtividade por conta do auge da cana.

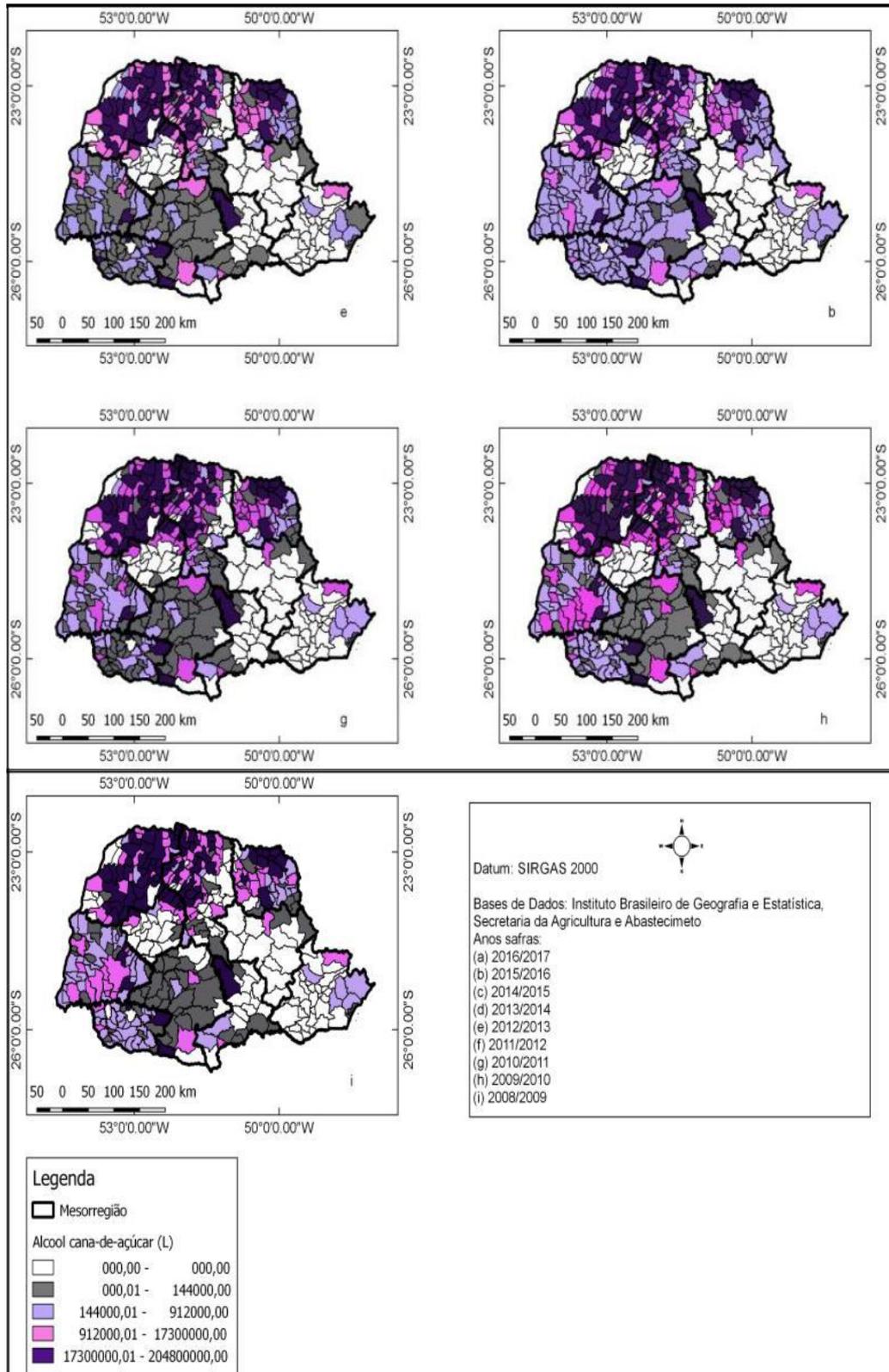
Os anos safra seguintes apresentaram redução na produtividade, em 2016/2017, por conta da ocorrência de geadas e chuvas irregulares, períodos de estiagem alternados com períodos de chuva excessiva, afetando negativamente a produtividade (Conab 2017). Corroborando com essas informações, Araujo et al. (2018) relatam que o desenvolvimento da cana é melhor em áreas com maior luminosidade solar durante o dia com temperaturas mais elevadas, características das regiões Norte, Noroeste e Nordeste do Paraná, comparando com as demais regiões no estado.

A produção de etanol no Paraná, entre anos safras de 2008 a 2017, foi, respectivamente, entre 000.01 litros a 204.800.000,00 litros (figura 8) com parâmetros que demonstram produção de etanol, nos anos safras 2016/2017;

2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificados pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 9: Produção de etanol ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

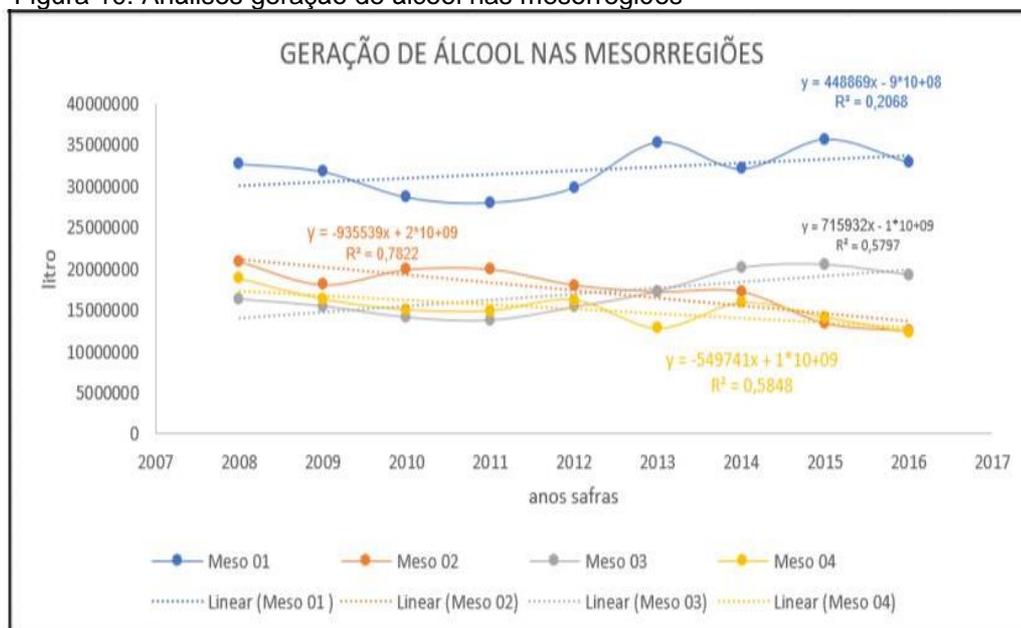
O ano safra 2008/2009 (Figura 9 “i”) apresentou a maior produção de etanol nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central e Norte Pioneiro Paranaense, em virtude do auge da cana neste ano, seguindo os mesmos índices que produção de cana.

A produção de etanol bruto chegou a 204.800.000,00 litros. Seu consumo no Brasil, no ano de 2008, alcançou os 51 bilhões de litros contra 12 bilhões de litros de gasolina (Folha de São Paulo 2008). Isso explica a alta produção no ano safra 2008/2009.

Para Soares et al., (2009), um veículo com motor total flex, movido a gasolina ou etanol, realizando um percurso de 100km, utilizando gasolina e consumindo um litro a cada 10,4 quilômetros por litros, emitiria no decorrer de seu trajeto aproximadamente 35,10 quilos de CO<sub>2</sub>. O mesmo carro usando etanol consumindo 1 litro a cada 7,2 quilômetros, emitiria 6,92 quilos de CO<sub>2</sub> sendo o etanol 5 vezes menos poluente que a gasolina contribuindo com a matriz energética renovável e com o meio ambiente.

A figura 10 demonstra a geração de álcool nas mesorregiões Centro Oriental Oeste e Sudoeste Paranaense.

Figura 10: Análises geração de álcool nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 01 demonstra que, no ano safra de 2008, obteve-se uma geração de bagaço aproximadamente 32.000.000 de litros decaindo nos anos seguintes, subindo para 35000000 litros no ano 2013, oscilando nos anos seguintes. O percentual da mesorregião 01, de 2008 para 2016, apresentou aumento de 1%.

A maior geração de álcool ocorreu nos anos safras de 2010 e 2011, sendo de aproximadamente 20.000.000 litros. O percentual da mesorregião 02, do ano de 2008 para 2016 diminuiu 42%.

Nos anos 2014 e 2015, a geração de álcool ficou próxima de 20.000.000L com um percentual de aumento de 18%, entre 2008 e 2016, para a mesorregião 03, enquanto a mesorregião 04 diminuiu 40%.

Nos anos 2008, 2012 e 2014, a geração de álcool ficou próxima de 18.000.000 com um percentual de redução de 40% entre 2008 e 2016.

A figura 11 demonstra a geração de álcool nas mesorregiões Centro Oriental, Oeste e Sudoeste Paranaense.

Figura 11: Análises geração de álcool nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

No ano safra de 2008, a geração foi de aproximadamente 1000.000 litros, sendo a maior geração no ano de 2009, diminuindo no decorrer dos anos safras seguintes se aproximando de zero.

Verifica-se ainda que o percentual da mesorregião 06 diminuiu 89% comparando-se ao ano safra de 2008 e 2016 e a mesorregião 05 diminuiu em 40%, respectivamente.

A mesorregião 07 demonstra no gráfico que, o ano de 2008, foram gerados 7000.000 litros de álcool, decaindo nos dois anos seguintes, aumentando essa geração nos anos de 2011 e 2012, com diminuição suscetível nos anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

O percentil da mesorregião 07, comparando a safra de 2008 e 2016, diminuiu 99%. A figura 12 demonstra a geração de álcool nas mesorregiões Centro Oriental, Oeste e Sudoeste Paranaense.

Figura 12: Análises geração de álcool nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 08 demonstra no gráfico valores constantes desde 2008 de aproximadamente 500.000 litros, sendo que, até o ano safra de 2016, o seu percentual comparando 2008 e 2016 diminuiu em 68%.

Na mesorregião 09, a maior geração de álcool ocorreu nos anos safras de 2012 e 2013. Seu percentual diminuiu, comparando os anos de 2008 e 2016, em 97%.

A mesorregião 10 demonstra valores constantes desde 2008 até 2016 de aproximadamente 500.000 litros. Seu percentual diminuiu, comparando o ano de 2008 e 2016, em 32%.

Segundo Conab (2010), a redução do etanol, em 2008, assim como seus altos e baixos no Paraná aconteceram em razão de vários fatores: clima desfavorável, crise global iniciada no ano safra 2008/2009, preço remanescente da gasolina, sobressaindo sobre o preço do álcool nas bombas de abastecimento, aliado à falta de políticas públicas voltadas para o setor sucroalcooleiro. Somado a isso, a compactação do solo e a baixa renovação dos canaviais em virtude dos altos preços de insumo agrícola. Além do endividamento das indústrias do setor sucroalcooleiro, as altas taxas de produção e a falência de algumas indústrias de cana-de-açúcar.

Para Santos, Garcia, Shikida (2015), a mecanização da lavoura cana-de-açúcar, que trouxe consigo algumas dificuldades, como acesso dos maquinários às terras com declive acentuados, que impossibilitam sua entrada, visto que muitos arrendatários não estão renovando seus contratos para a finalidade de cultivar a cana-de-açúcar. Esses fatores podem ter interferido na produção de cana-de-açúcar ocasionando redução de produção e geração de álcool.

Conforme Neves, Trombin (2013), a política de estímulo ao etanol, intensificada em 2003, animou os produtores agrícolas a aumentar os plantios de cana-de-açúcar e instalar novas unidades processadoras industriais. Com o passar do tempo, em 2007, a partir da irregularidade da política, que estimulou o crescimento do etanol, foi ocasionada certa desconfiança, abalando o setor sucroalcooleiro em razão da falta de políticas em longo prazo no país. Isso pode ter relação com os altos e baixos demonstrados nos gráficos acima.

Para Conab (2015), na safra de 2015/2016 ocorreu uma baixa nas renovações dos canaviais, em decorrência do setor econômico das indústrias e do clima que não favoreceu o plantio na época adequada, afetando a colheita e sua produtividade explicando, assim, a baixa geração de álcool demonstrada nos gráficos.

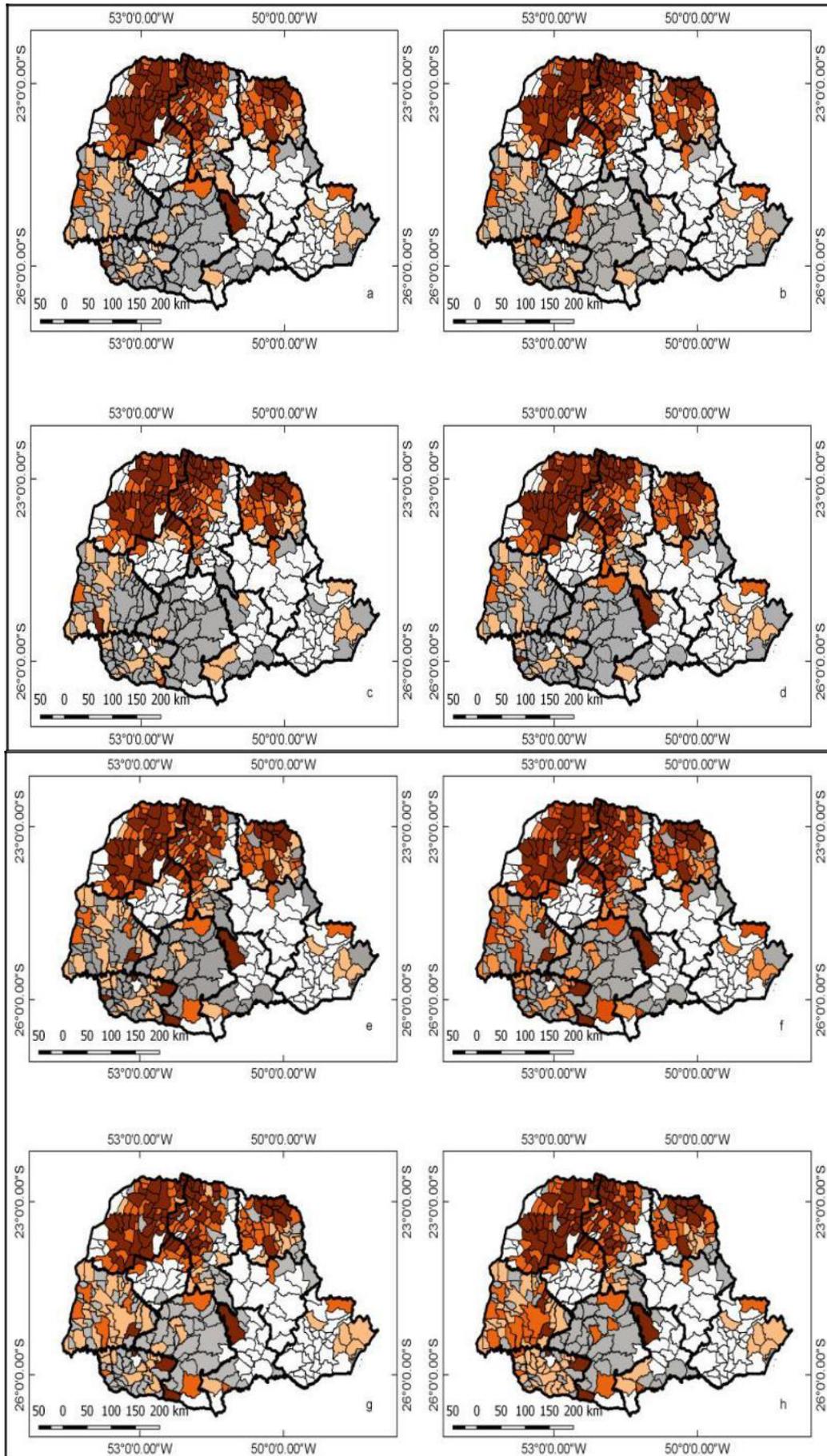
Conab (2018) evidencia que, apesar dos problemas em relação ao clima, excesso de chuva na época de plantio e escassez na época de desenvolvimento da planta, investimentos foram e são feitos no setor sucroalcooleiro, assim como a lenta renovação dos canaviais. O que explica o aumento ocorrido na mesorregião 03, sendo a única com fechamento positivo.

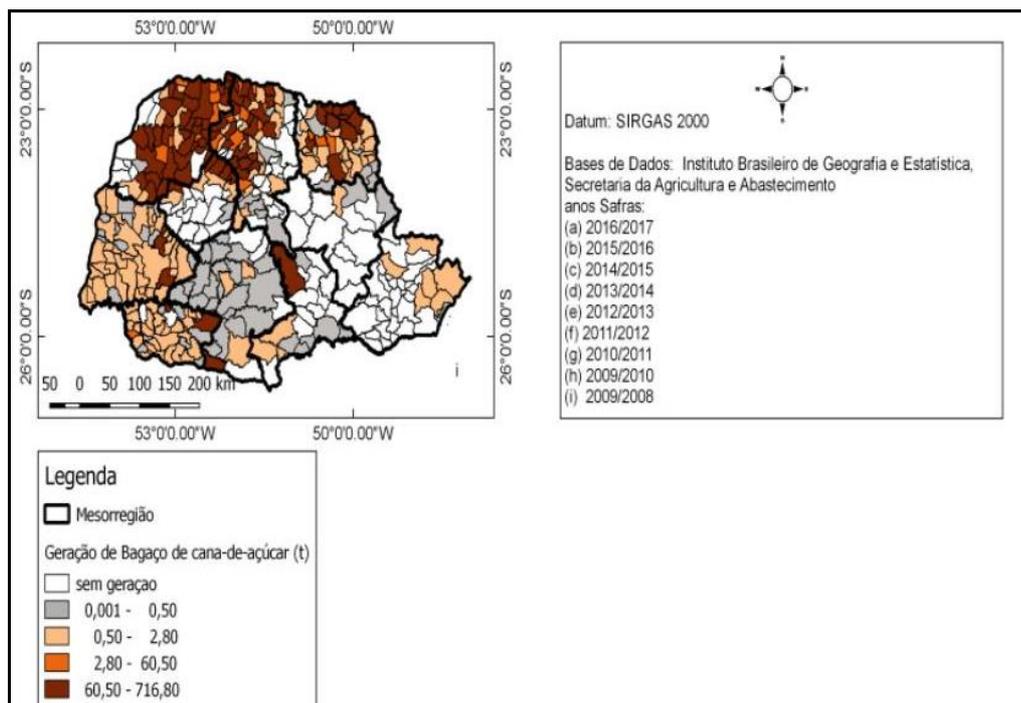
Araújo et al. (2018) relatam que, para o bom desenvolvimento da cana-de-açúcar, além das condições climáticas, a cultura exige solos corrigidos com adubos e calcário e radiações solares elevadas. No entanto, o investimento no setor sucroalcooleiro vem sendo mínimo, o que proporciona redução na produtividade.

A geração de bagaço de cana-de-açúcar no Paraná, entre anos safras de 2008 a 2017, ficou, respectivamente, entre 0,001t a 716,8t.

Os anos safras 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 foram identificados pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i” indicados na figura 13.

Figura 13: Mapas da geração de bagaço da cana-de-açúcar na safra (2009-2017)





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

Segundo UNICA (2019), a energia obtida do bagaço da cana-de-açúcar no ano de 2018 chegou a 21,5GWh, sendo possível abastecer com essa quantidade de energia 11,4 milhões de casas.

No ano safra 2016/2017 (Figura 13 “a”), a geração de bagaço variou entre 60,50t a 716,80t nas mesorregiões, Norte paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Sudoeste Paranaense e Sudeste Paranaense. No ano Safra de 2015/2016 (Figura 13 “b”), a geração de bagaço variou entre 60,50t a 716,80t nas mesorregiões, Noroeste Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense.

No ano safra 2014/2015 (Figura 13 “c”), a geração de bagaço variou entre 60,50t a 716,80t nas mesorregiões, Norte paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Noroeste Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, e Oeste Paranaense.

No ano safra 2013/2014 (Figura 13 “d”), a geração de bagaço variou entre 60,50t a 716,80t nas mesorregiões, norte paranaense, Centro Ocidental paranaense, Norte Central paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Sudoeste Paranaense e Sudeste Paranaense. Nos anos safra 2012/2013, 2011/2012, 2010/2011, 2009/2010 e 2008/2009 (Figura 13 “e”, “f”, “g”, “h” e “i”), as maiores produções de álcool concentraram-se nas mesorregiões Noroeste Paranaense,

Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense, Centro Sul, Sudoeste e Sudeste variando 60,50t a 716,80t.

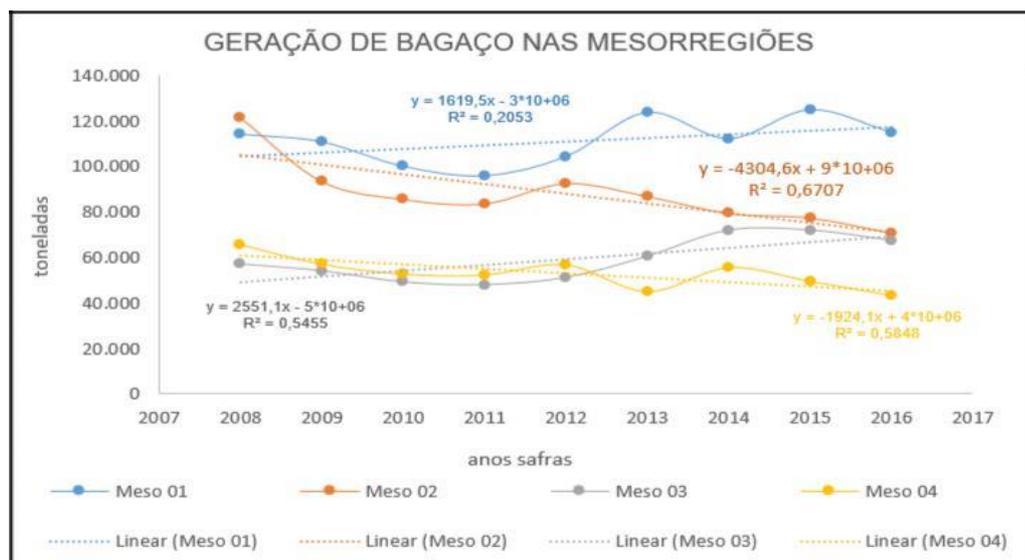
Conforme o levantamento de De Souza et al. (2018), com uma tonelada de bagaço de cana uma usina pode gerar 0,3MWh, uma residência no estado do paraná consome em média 0,17MWh/mês, considerando a máxima produ o de bagaço de 716,80t, seria possível gerar 215,04MWh, o que corresponde ao abastecimento de 1267 residências, com consumo de 0,17MWh ao mês.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2018), 1 MWh extraído de biomassa custa 349,00 reais. Nesse sentido, as mesorregiões mencionadas acima conseguiriam com a venda total da sua gera o de energia de 215,04 MWh gerados pelo bagaço de cana-de-a o car para rede distribuidora, um valor de R\$ 75048,96. Além do valor econ mico, haveria ajuda para o setor hidrelétrico com a energia renovável extraída.

Dantas, Legey, Mazzone (2013) relatam que o uso de bagaço como fonte de energia nas usinas de cana-de-a o car se torna mais vantajoso do que seu uso para produ o de etanol de segunda gera o, por conta do alto custo com enzimas, enquanto para a queima praticamente não há custos.

No Brasil, a produ o de etanol celulósico tende a ser mais competitiva que em outros países, o uso atual do bagaço   energia para a usina em si e para gerar eletricidade excedente para venda no mercado. A figura 14 demonstra a gera o de bagaço nas mesorregiões Norte, Centro Ocidental, Norte Central e Norte Pioneiro Paranaense, representados no gráfico pelos números 01, 02, 03 e 04, respectivamente.

Figura 14: Análises gera o de bagaço nas mesorregiões



A mesorregião 01, no ano safra 2008, obteve uma geração de bagaço aproximadamente 119.000t, decaindo nos anos seguinte, subindo para 121.000t no ano 2013, oscilando nos anos seguintes. No percentual da mesorregião 01, de 2008 para 2016, houve um aumento de 1%.

A mesorregião 02 demonstra que a maior geração de bagaço ocorreu nos anos safras de 2013 e 2015 com aproximadamente 130.000t no decorrer dos anos safras. O percentual da mesorregião 02, do ano de 2008 para 2016, diminuiu 42%.

Nas mesorregiões 03 e 04, nos anos safras 2014 e 2015, a geração de bagaço alcançou 79.000t para a mesorregião 03 e para a mesorregião 04 a geração de bagaço no ano safra 2008 foi de 70.000t, decaindo no ano seguinte.

O porcentual da mesorregião 03, referente aos anos de 2008 e 2016, obteve aumento de 18%, enquanto a mesorregião 04 diminuiu 40%.

A figura 15 demonstra a geração de bagaço nas mesorregiões Centro Oriental, Oeste e Sudoeste Paranaense, representadas no gráfico pelos números 05, 06 e 07.

Figura 15: Análises geração de bagaço nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

Nas mesorregiões 05 e 06, no ano safra de 2008, a geração foi de aproximadamente 5000t de bagaço, sendo sua maior geração no ano de 2009, diminuindo no decorrer dos anos safras seguintes se aproximando de zero.

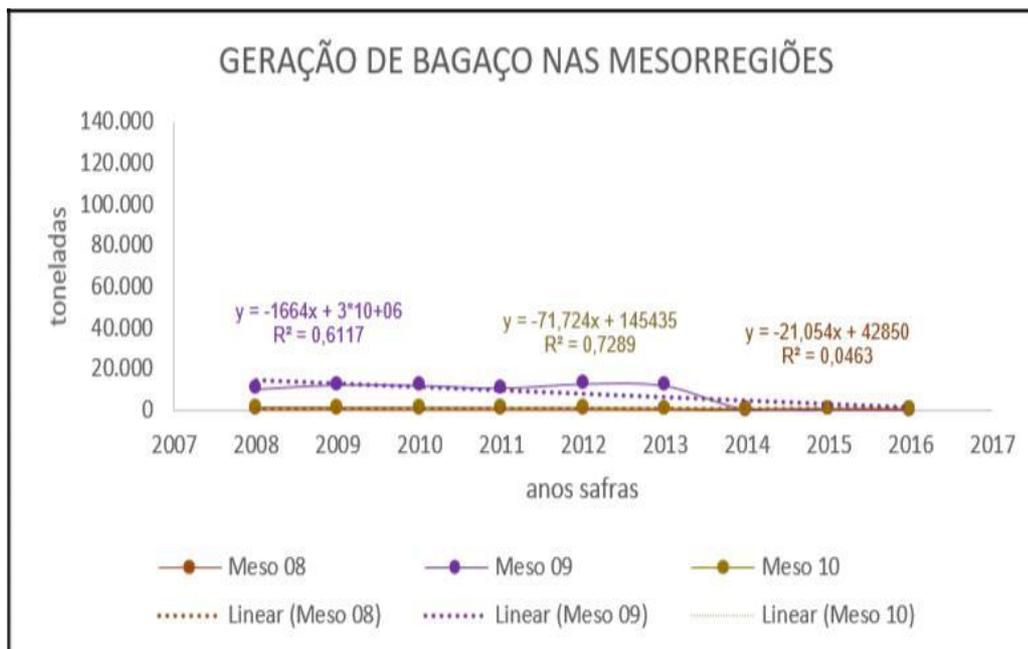
A mesorregião 05 diminuiu em 40% respectivamente, enquanto o percentual da mesorregião 06 diminuiu 89%, comparando-se aos anos safras de 2008 e 2016.

Na mesorregião 07, no ano de 2008, foi gerada 30.000t de bagaço decaindo nos dois anos seguintes, bem como aumentando essa geração nos anos de 2011 e 2012, com diminuição suscetível anos de 2013, 2014, 2015 e 2016.

O percentil da mesorregião 07, comparando a safra de 2008 e 2016, diminuiu 99%.

A figura 16 demonstra a geração de bagaço nas mesorregiões Centro-Sul, Sudeste Paranaense e Metropolitano de Curitiba, representadas no gráfico pelos números 08, 09 e 10.

Figura 16: Análises geração de bagaço nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 08 demonstra no gráfico valor desde 2008 até 2013 de aproximadamente 10.000t bagaço, mantendo constante esse valor até o ano safra de 2016. O seu percentil, comparando 2008 e 2016, diminuiu em 68%. Na mesorregião 09, a maior geração de bagaço ocorreu nos anos safras de 2012 e 2013. Seu percentil diminuiu comparando o ano de 2008 e 2016 em 97%.

A mesorregião 10 demonstra valores constantes desde 2008 até 2016 de aproximadamente 1.000t. Seu percentil diminuiu comparando os anos de 2008 e 2016, em 32%.

Segundo Conab (2010), a redução da produtividade de cana-de-açúcar, em 2008, e seus altos e baixos no Paraná foram causados em razão de vários fatores: clima desfavorável, crise global iniciada nos anos de 2008/2009, preço remanescente da gasolina sobressaindo sobre o preço do álcool nas bombas de abastecimento, aliado à falta de políticas públicas voltadas ao setor sucroalcooleiro. Vale ressaltar também a compactação do solo e a baixa renovação dos canaviais em virtude dos altos preços de insumo agrícola.

Outro fator que contribui para a queda da produção está relacionado ao endividamento das indústrias do setor sucroalcooleiro, aliado às altas taxas de produção e a falência de algumas indústrias de cana-de-açúcar. Afetando a geração dos seus produtos e resíduos, no caso bagaço de cana-de-açúcar, sendo perceptível nos gráficos demonstrados.

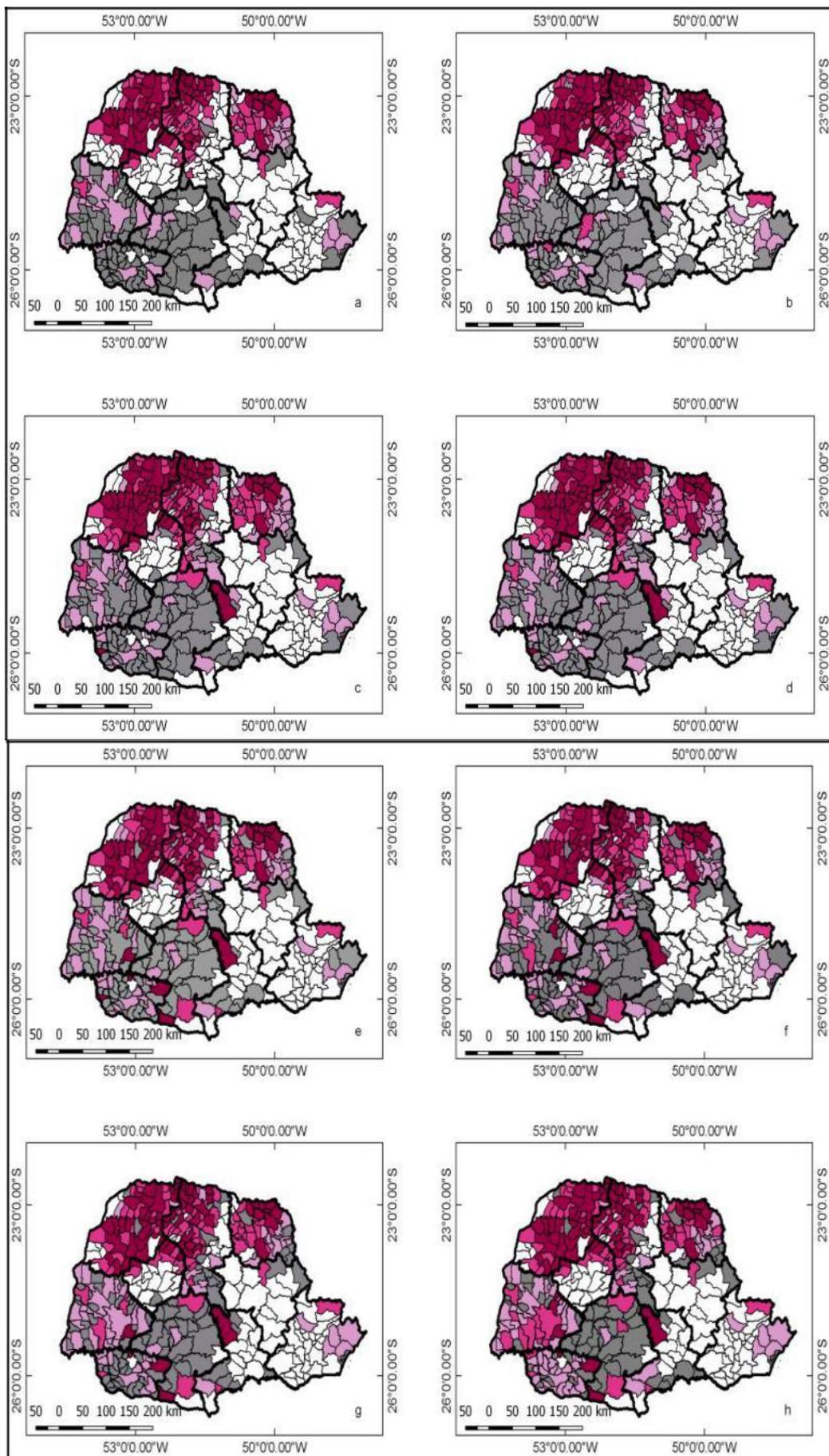
Para Santos, Garcia, Shikida (2015), a mecanização da lavoura de cana-de-açúcar trouxe consigo algumas dificuldades como o acesso dos maquinários às terras com declive acentuado que impossibilita sua entrada, bem como faz com que muitos arrendatários não renovem seus contratos para a finalidade de cultivar a cana-de-açúcar.

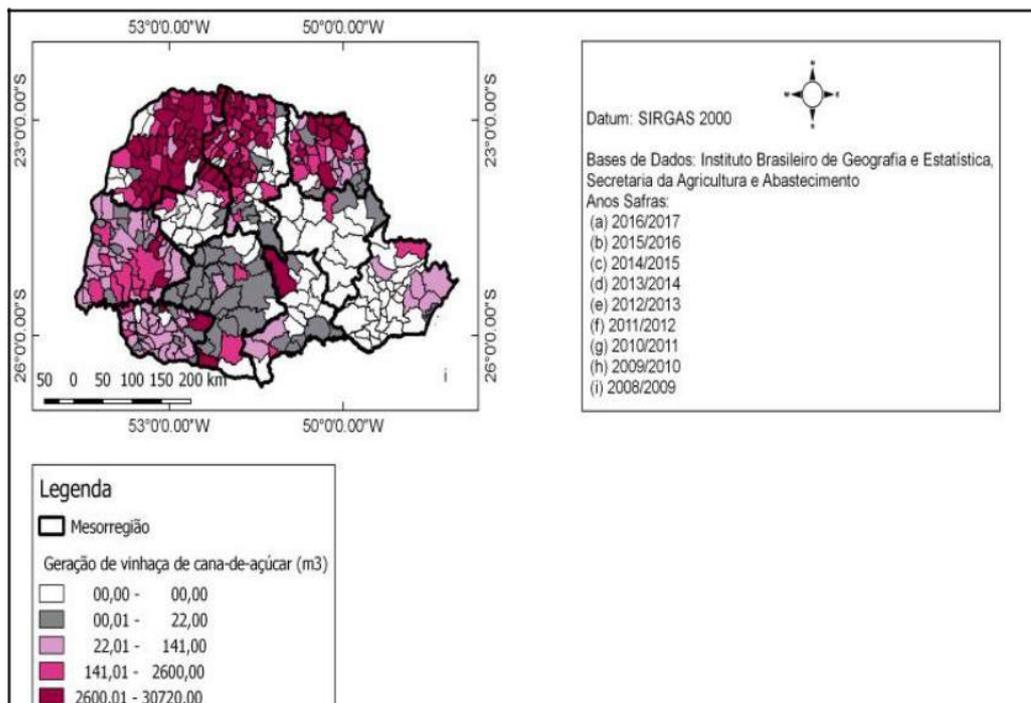
Segundo Neves, Trombin (2013), a política de estímulo ao etanol, intensificada em 2003, animou os produtores agrícolas a aumentar os plantios de cana-de-açúcar e instalar novas unidades processadoras industriais.

Conab (2015) salienta que na safra de 2015/2016 ocorreu baixa nas renovações dos canaviais, em decorrência do setor econômico das indústrias e do clima que não favoreceu o plantio na época adequada, afetando a colheita e sua produtividade explicando, assim, a baixa geração de bagaço. Os fatores que afetaram a produção de cana-de-açúcar devem ter afetado a geração de bagaço, considerando a dependência do bagaço a cana-de-açúcar.

Conforme Conab (2018), apesar dos problemas em relação ao clima, excesso de chuva no período de plantio e escassez na época do desenvolvimento da planta, investimentos são feitos no setor sucroalcooleiro, assim como a lenta renovação dos canaviais. Isso pode ter contribuído com os aumentos ocorridos na mesorregião 03 associados com outros fatores, até então não divulgados. A geração de vinhaça de cana-de-açúcar no Paraná, entre os anos safras de 2008 a 2017 foram respectivamente entre 0,001m<sup>3</sup> a 30.720,00m<sup>3</sup>, demonstradas nas figuras abaixo com seus parâmetros de geração. A figura 17 representa a geração de vinhaça nos anos safras 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificados pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 17: Mapas com os parâmetros analisados de geração de vinhaça





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

No ano safra 2016/2017 (Figura 17 “a”), a geração de vinhaça variou entre 2600,00m<sup>3</sup> a 30720,00m<sup>3</sup> nas mesorregiões, Noroeste Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Sudoeste Paranaense e Sudeste Paranaense.

No ano safra de 2015/2016 (Figura 17 “b”), a geração de bagaço variou entre 2600,00m<sup>3</sup> a 30.720,00m<sup>3</sup> nas mesorregiões, Noroeste Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense.

No ano safra 2014/2015, (Figura 17 “c”), a geração de bagaço variou entre 2600,01m<sup>3</sup> a 30.720,00m<sup>3</sup> nas mesorregiões, Norte Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, e Oeste Paranaense.

No ano safra 2013/2014, (Figura 17 “d”) a geração de bagaço variou entre 2600,01m<sup>3</sup> a 30.720,00m<sup>3</sup>. Nas mesorregiões, Norte Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Sudoeste Paranaense e Sudeste Paranaense.

Por fim, nos anos safras 2012/2013, 2011/2012, 2010/2011, 2009/2010 e 2008/2009 (Figura 17 “e”, “f,” “g”, “h” e “i”), as maiores produções de álcool concentraram-se nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste

Paranaense, Centro Sul Paranaense, Sudoeste e Sudeste variando 2600,01m<sup>3</sup> a 30.720,00m<sup>3</sup>.

Para UNICA (2012), a cada 1.000m<sup>3</sup> de vinhaça obtém-se 0,85MWh. Com isso, uma residência no estado do Paraná consome em média 0,17MWh/mês e, considerando essas informações, as mesorregiões acima poderiam obter 2,21MWh a 26,1MWh. Com essa energia gerada, no caso, seria possível suprir a demanda de 13 a 153 domicílios residências mensais.

Del Nery, et al.(2018) relatam em seus trabalhos que uma usina de cana-de-açúcar produzindo 1.820.000m<sup>3</sup> de vinhaça e utilizando como matéria-prima para obter eletricidade por biodigestor, consegue obter 180,6MWh a 43,25MWh por dia, ou 5.418MWh a 7.297,5MWh por mês, durante a época de cultivo de cana-de-açúcar, podendo suprir 31.500 casas com o consumo de 0,172MWh.

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2018), 1MWh gerado por biogás custa 390,00 reais. Neste sentido, as mesorregiões mencionadas acima conseguiriam, com a venda total de 26,01MWh da sua geração de energia obtida pela geração de biogás utilizando vinhaça de cana-de-açúcar como matéria-prima, a partir da rede distribuidora um valor de R\$10143,90.

A quantidade de vinhaça produzida varia conforme a porcentagem alcoólica do vinhoto e outros fatores obtendo, em média, 12 litros de vinhaça por litro de etanol produzido por tonelada de cana moída (NETO, 2016; TGARGUIFA; ABDERAFI; BOUNAHMIDI, 2018).

O volume produzido inviabiliza a difusão por meio de bombas e tubulações, sendo preferível o transporte da vinhaça por canais abertos escavados no solo, os quais podem ocasionar problemas ambientais como excesso de carbono na atmosfera. Para Oliveira et al. (2015), essas emissões podem atingir 455 g de CO<sub>2</sub> por tonelada de cana processada. Considerando essa informação e a maior quantidade de vinhaça produzida nas mesorregiões acima, a quantidade de Co<sub>2</sub> seria de 118kg de Co<sub>2</sub> lançados na atmosfera.

Bernal et al. (2017) relataram que a utilização da vinhaça oriunda do processo de cana-de-açúcar possibilita uma geração de eletricidade de 3,05KWh, evitando 1,81kg de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

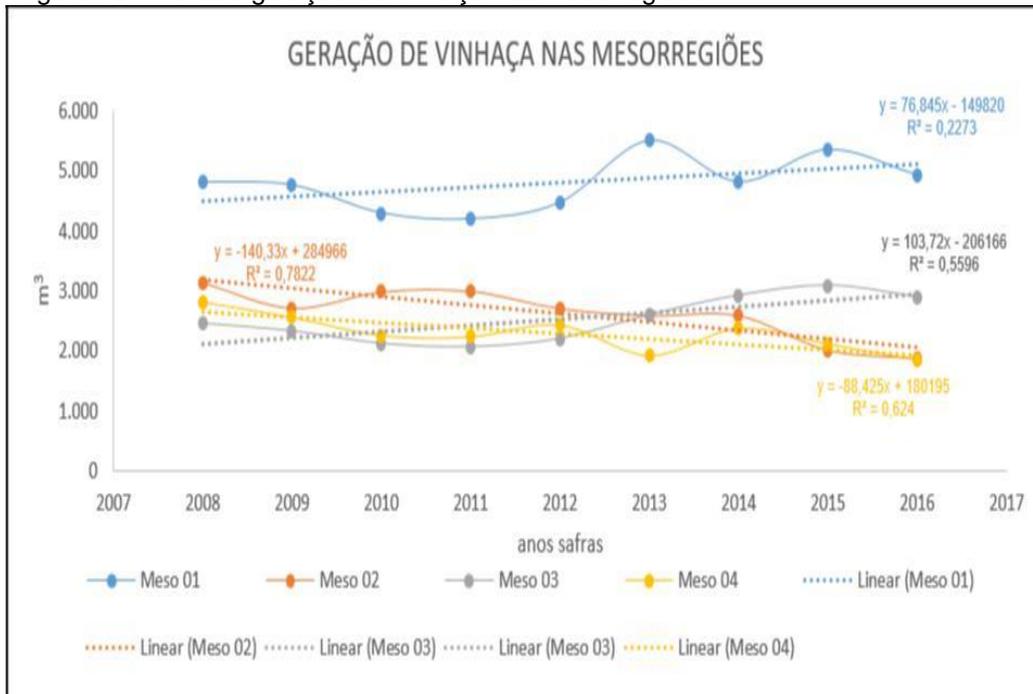
Fuess et al. 2018 colaboram ao relatar em seus trabalhos que a utilização da vinhaça para obter energia elétrica nas usinas sucroalcooleiras tem sido considerada viável e lucrativa para as usinas tanto no âmbito econômico, quanto na preservação

do meio ambiente em razão dos subsídios para diminuir os custos em investimentos e bioenergia.

Para análises de regressão, foram utilizados dados de geração de vinhaça dos municípios geradores de cada mesorregião, sendo eliminados os municípios com geração igual a zero.

A figura 18 demonstra a geração de vinhaça nas mesorregiões Norte, Centro Ocidental, Norte Central e Norte Pioneiro Paranaense, representados no gráfico pelos números 01, 02, 03 e 04.

Figura 18: Análises geração de vinhaça nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

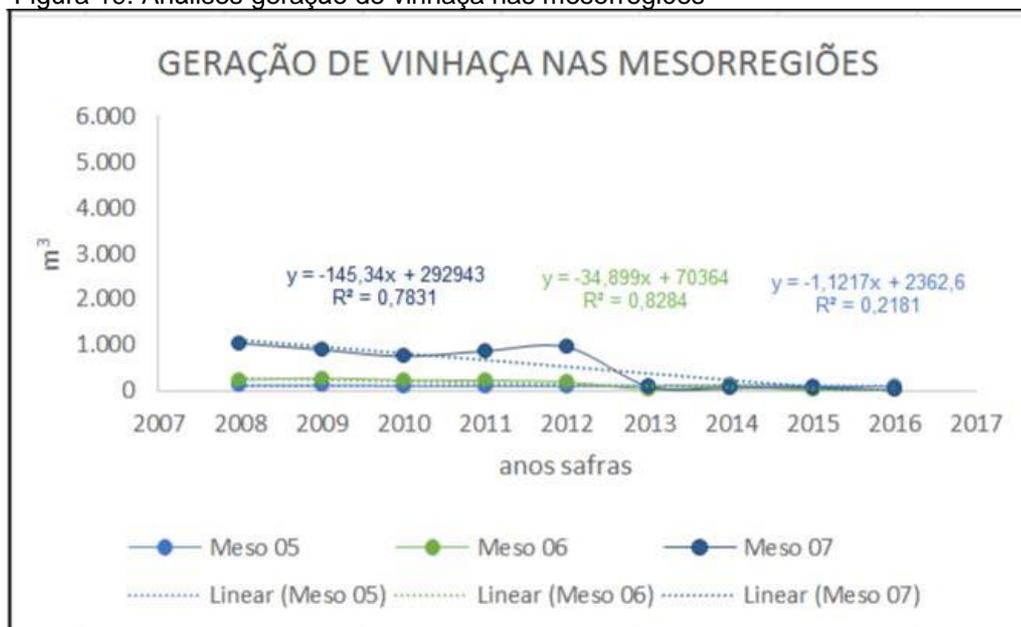
A mesorregião 01, no ano safra de 2008, demonstra uma geração de vinhaça aproximadamente  $5\text{m}^3$ , diminuindo nos anos posteriores com oscilação. O percentual da mesorregião 01, comparando o ano safra de 2008 e 2016, diminuiu 1%.

Na mesorregião 02, a maior geração de vinhaça ocorreu no ano safra de 2008 com  $3000\text{m}^3$ . O percentual da mesorregião 02, comparando o ano safra de 2008 e 2016, diminuiu 41%.

Na mesorregião 03, a maior geração de vinhaça ocorreu no ano safra 2015 com  $3.000\text{m}^3$ , seu percentual comparando o ano safra de 2008 e 2016 aumentou em 18%. Na mesorregião 04, a maior geração de vinhaça foi em 2008 de  $2800\text{m}^3$ . O percentual da mesorregião 04, comparando os anos safra de 2008 e 2016, diminuiu 35%.

A figura 19 demonstra a geração de vinhaça nas mesorregiões Centro Oriental, Oeste e Sudoeste Paranaense, representados no gráfico pelos números 05, 06 e 07.

Figura 19: Análises geração de vinhaça nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

Nas mesorregiões 05 e 06, no ano safra de 2008, a geração de vinhaça foi de aproximadamente 100m<sup>3</sup>, diminuindo no decorrer dos anos safras seguintes se aproximando de zero.

A mesorregião 06 diminuiu 89% comparando-se ao ano safra de 2008 e 2016, enquanto a mesorregião 05 diminuiu em 40%, respectivamente. Verificando a mesorregião 07, no ano de 2008 foram geradas 1000m<sup>3</sup> de vinhaça, decaindo nos dois anos seguintes, aumentando essa geração nos anos de 2011 e 2012, com diminuição suscetível até 2016.

O seu percentil comparando a safra de 2008 e 2016, diminuiu 99%. A figura 20 demonstra a geração de vinhaça nas mesorregiões Centro-Sul, Sudeste Paranaense e Metropolitano de Curitiba, representadas no gráfico pelos números 08, 09 e 10.

Figura 20: Análises geração de vinhaça nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 08 demonstra valores constantes desde 2008 com 100m<sup>3</sup> de vinhaça até o ano safra de 2016, sendo que o seu percentual comparando ao ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 69%.

Na mesorregião 09, no ano safra de 2008, a geração de vinhaça foi de aproximadamente 500m<sup>3</sup> com oscilações até 2016. O percentual da mesorregião 08, comparando o ano safra de 2008 e 2016, diminuiu 97%.

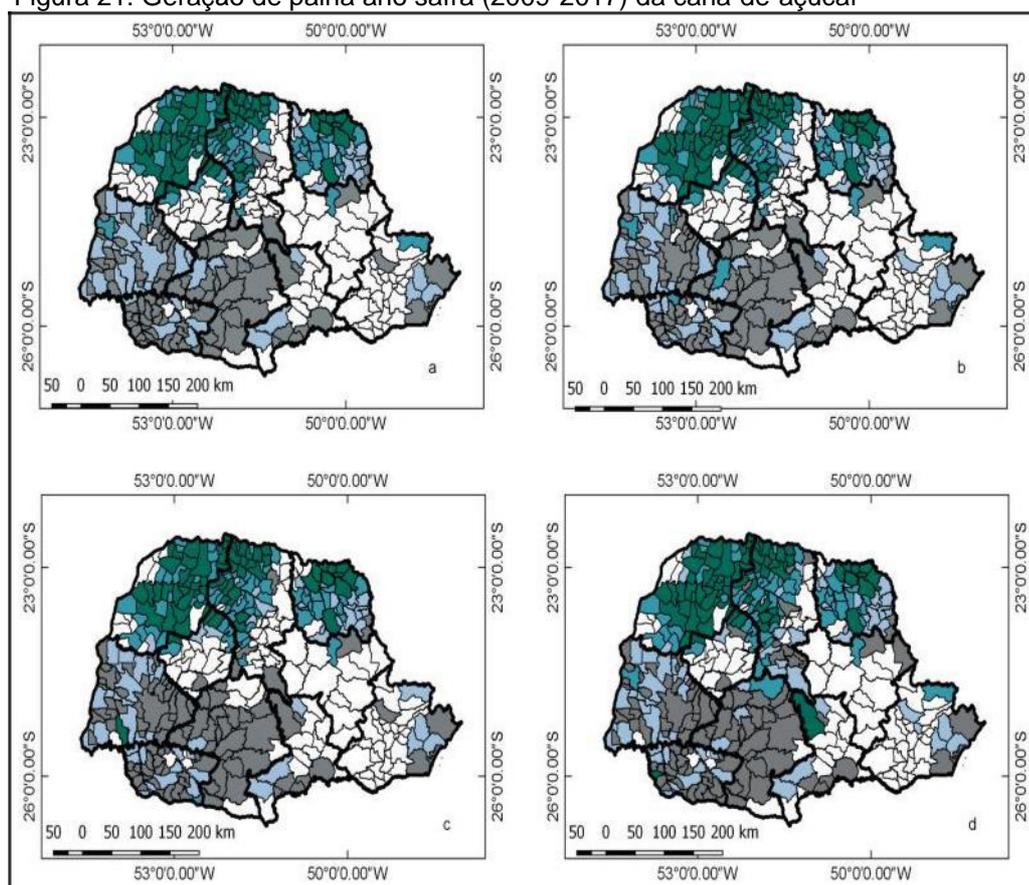
Na mesorregião 10, desde 2008 até 2013, a geração de vinhaça se manteve constante de aproximadamente 500m<sup>3</sup>, decaindo até 2016. O percentual da mesorregião 10, comparando o ano safra de 2008 e 2016, diminuiu 31%.

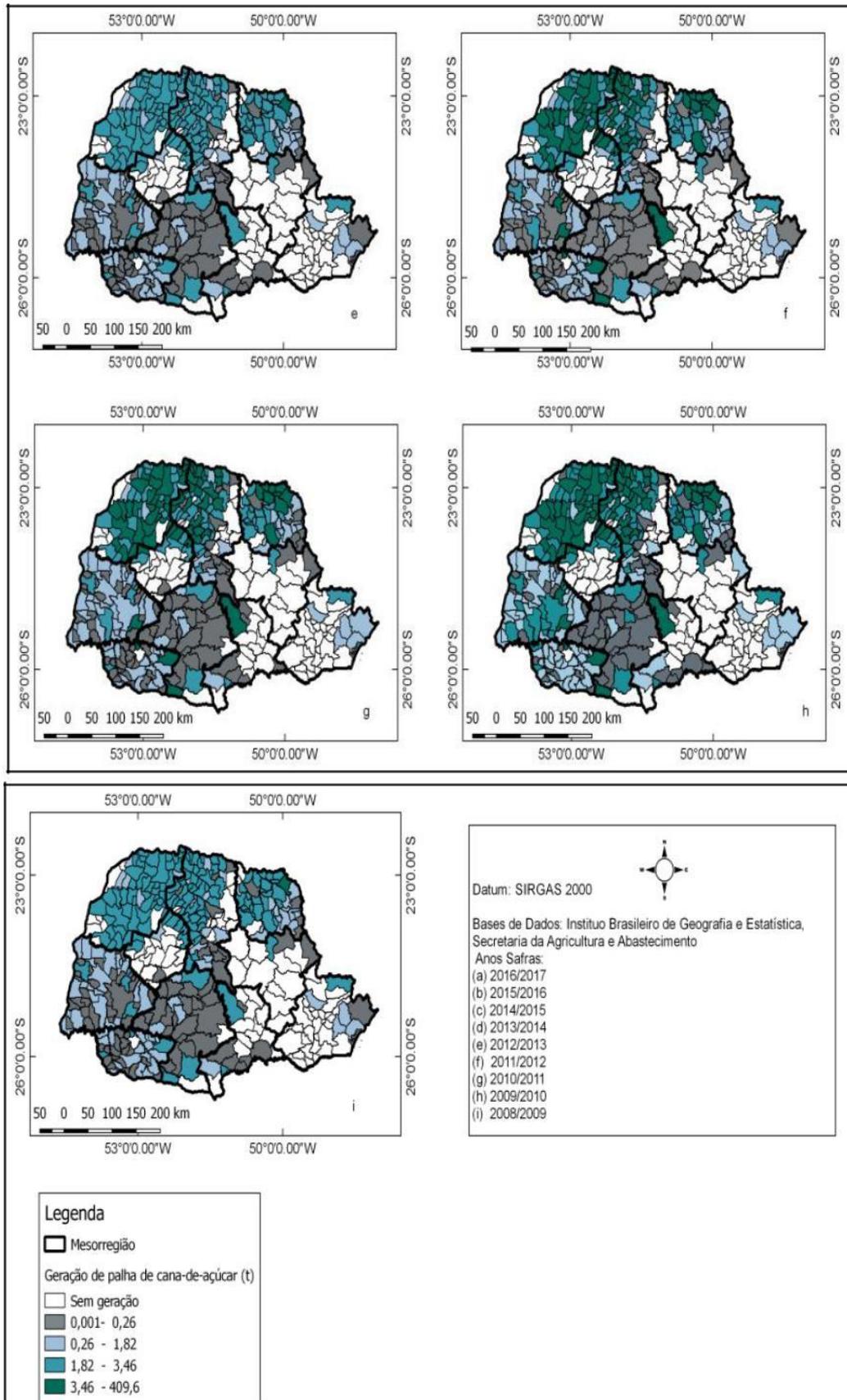
A cana-de-açúcar diminuiu no decorrer dos anos safra analisados, bem como a sua produção, a produtividade e, conseqüentemente, seus resíduos em decorrência de fatores climáticos associados com envelhecimento de canaviais (CONAB 2017).

Os fatores que afetaram a produção de cana-de-açúcar ocasionaram uma diminuição na geração de vinhaça.

A geração de palha no Paraná, entre anos safras de 2008 a 2017, ficou entre 0,001toneladas a 409,6t toneladas, conforme demonstrado na figura 21 com parâmetros que evidenciam a geração de palha, com os anos safra 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificados pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 21: Geração de palha ano safra (2009-2017) da cana-de-açúcar





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

As maiores gerações de palha foram concentradas nas mesorregiões Noroeste Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense,

Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense, Centro Sul Paranaense, Sudoeste e Sudeste variando 34,6t a 409,6t. Nestes respectivos valores seriam possíveis obter em torno de 17,3MWh a 204,8MWh.

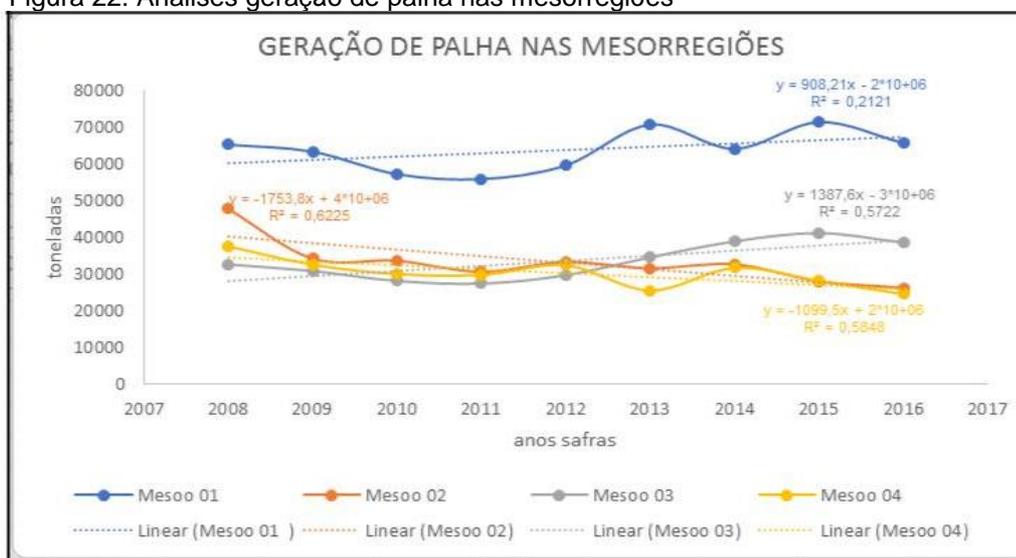
Segundo Unica (2010), uma tonelada de palha pode gerar 0,5 MWh. No Paraná, o consumo médio de uma residência, no ano de 2018, chegou a 0,17MWh/mês. As mesorregiões podem gerar em torno de 17,3MWh a 204,8MWh, sendo possível abastecer com essa energia 102 a 1205 casas por mês.

O aproveitamento da palha em outras regiões do Brasil como São Paulo, apresentou maior rendimento socioeconômico para essas regiões, contribuindo com o ambiente de tais localidades (CARDOSO, et al., 2019).

Fica evidente que o aproveitamento da palha da cultura da cana-de-açúcar no estado do Paraná pode gerar energia possível de obter e suprir a demanda de eletricidade nas residências.

A Figura 22 demonstra a geração de palha nas mesorregiões Norte, Centro Ocidental, Norte Central e Norte Pioneiro Paranaense, representados no gráfico pelos números 01, 02, 03 e 04.

Figura 22: Análises geração de palha nas mesorregiões



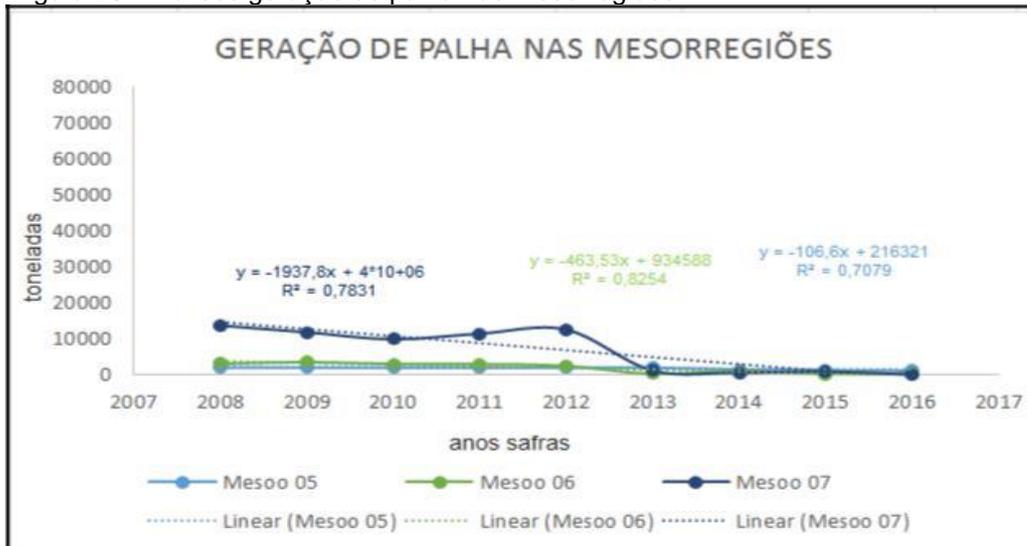
Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 01 demonstra o ano safra de 2008 obteve uma geração de palha aproximadamente 65.000t, diminuindo nos anos posteriores com oscilação. O percentual da mesorregião 01 comparando o ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 1%. Na mesorregião 02, a maior geração de palha ocorreu no ano safra de 2008 com 50.000t, seu percentual comparando o ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 41%. Na

mesorregião 03, a maior geração de palha correu em 2015 com 40.000t, seu percentual o ano safra de 2008 e 2016 aumentou em 18%. Na mesorregião 04, a geração de palha em 2008 foi de 38.000t, seu percentual comparando o ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 35%.

A figura 23 demonstra a geração de palha nas mesorregiões Centro Oriental, Oeste e Sudoeste Paranaense, representadas no gráfico pelos números 05, 06 e 07.

Figura 23: Análises geração de palha nas mesorregiões



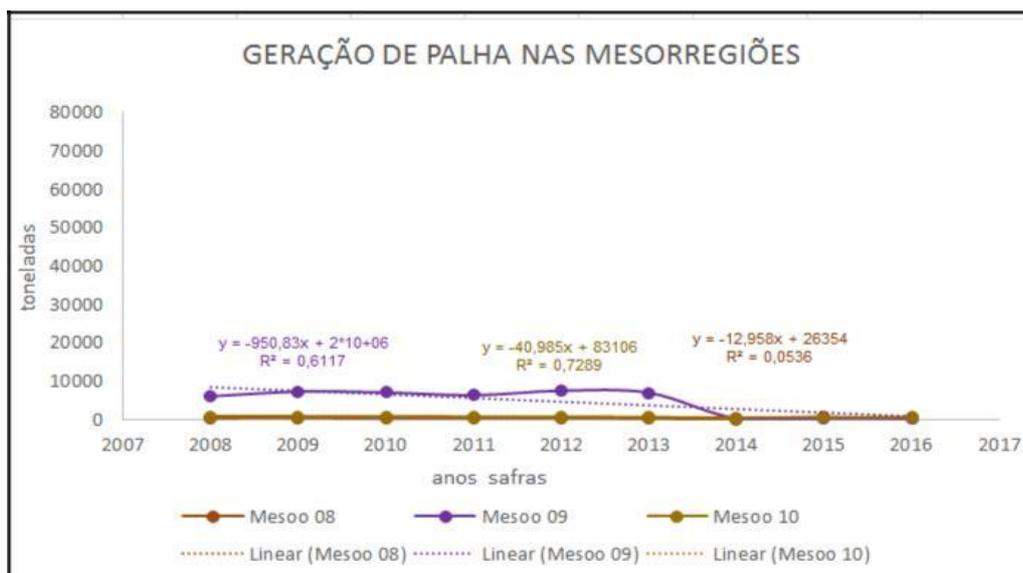
Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

Na mesorregião 05 e 06 no ano safra de 2008 a geração foi de aproximadamente 1000t de palha, diminuindo no decorrer dos anos safras seguintes se aproximando de zero. A mesorregião 05, comparando-se ao ano safra de 2008 e 2016, diminuiu em 40% respectivamente e a mesorregião 06 diminuiu 89%.

Verificamos a mesorregião 07 no ano de 2008 foram geradas 15000t de palha, decaindo nos dois anos seguintes, aumentando essa geração nos anos de 2011 e 2012, com diminuição suscetível até 2016. O percentil da mesorregião 07 comparando a safra de 2008 e 2016 diminuiu 99%.

A figura 24 demonstra a geração de palha nas mesorregiões Centro-Sul, Sudeste Paranaense e Metropolitano de Curitiba, representados no gráfico pelos números 08, 09 e 10.

Figura 24: Análises geração palha nas mesorregiões



A mesorregião 08 demonstra valores constantes desde 2008 aproximadamente, 1.000t de palha, mantendo constante esse valor até o ano safra de 2016. O percentual da mesorregião 01 comparando o ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 69%. A mesorregião 09 no ano safra de 2008 a geração de palha foi aproximadamente 5.000t com oscilações até 2016. O percentual da mesorregião 09 comparando o ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 97%.

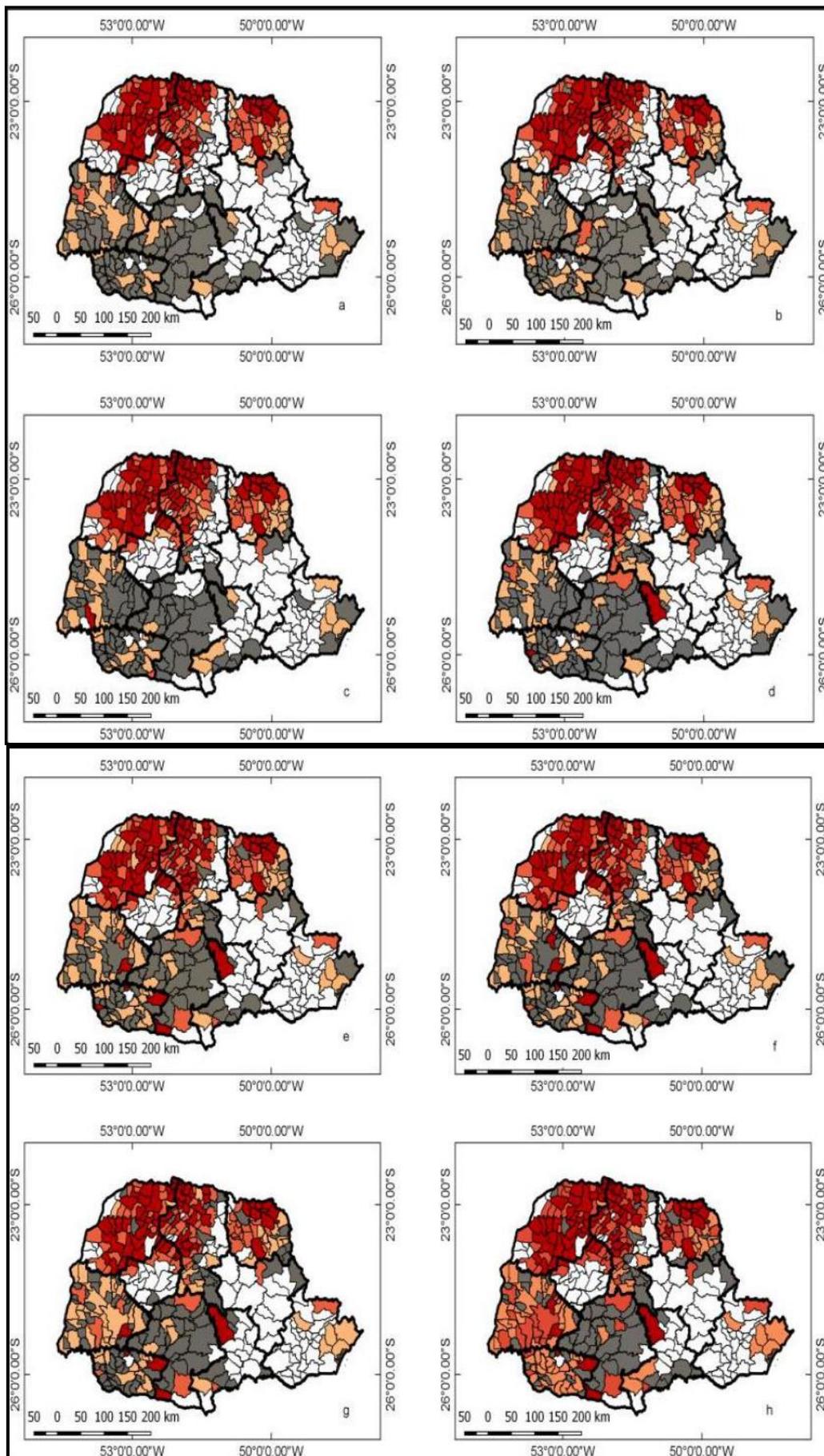
A mesorregião 10 aparece no gráfico com uma geração palha desde 2008 de aproximadamente 1.000t de palha, decaindo até 2016. O percentual da mesorregião 10 comparando o ano safra de 2008 e 2016 diminuiu 31%. A cana-de-açúcar diminuiu no decorrer dos anos safras analisados a sua produção e produtividade e, conseqüentemente, seus resíduos (vinhaça e bagaço), em decorrência de fatores climáticos associados com envelhecimento de canaviais (CONAB 2017).

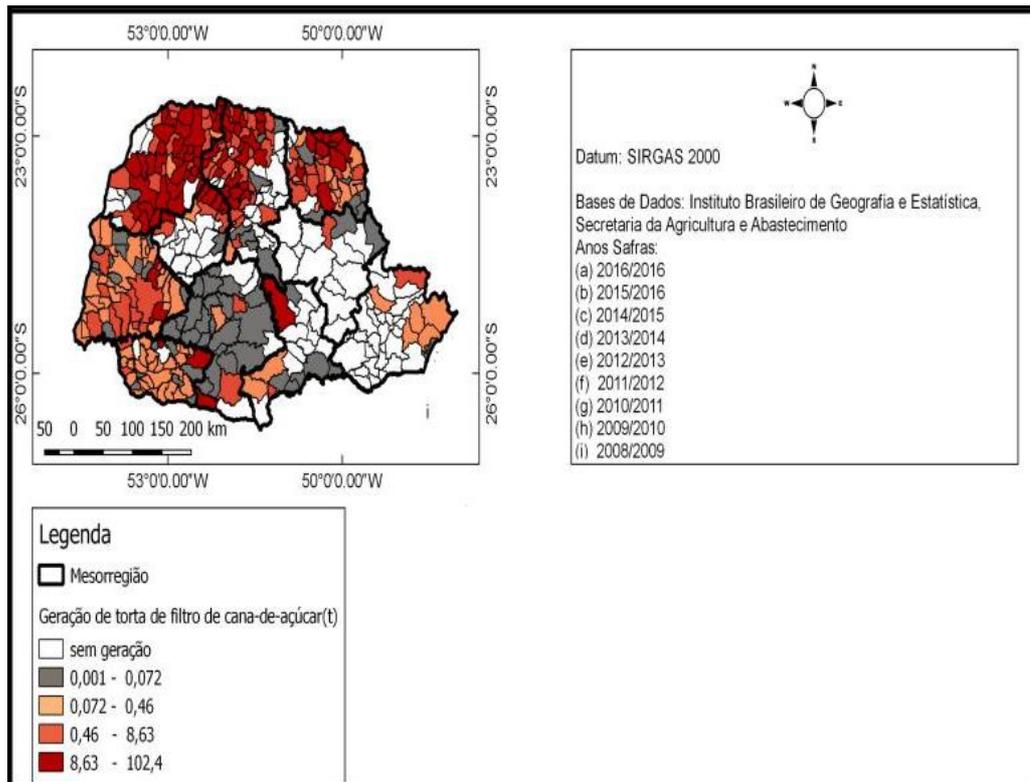
Segundo Conab (2010), a redução da produtividade de cana-de-açúcar em 2008 e seus altos e baixos no Paraná foram desencadeados por conta de vários fatores: clima desfavorável, crise global iniciada no ano 2008/2009 preço remanescente da gasolina, sobressaindo sobre o preço do álcool nas bombas de abastecimento, aliado à falta de políticas públicas voltadas ao setor sucroalcooleiro. Somado a isso a compactação do solo e baixa renovação dos canaviais em virtude dos altos preços de insumo agrícola. Além do endividamento das indústrias do setor sucroalcooleiro, aliado às altas taxas de produção, falência de algumas indústrias de cana-de-açúcar. Afetando a geração dos seus produtos e resíduos, no caso bagaço de cana-de-açúcar, sendo perceptível nos gráficos demonstrados.

Para Conab (2018), apesar dos problemas em relação ao clima, excesso de chuva na época de plantio e escassez na época de desenvolvimento da planta, investimentos são feitos no setor sucroalcooleiro, assim como a lenta renovação dos canaviais. O aumento ocorrido na mesorregião 03, pode estar relacionado com os dados mencionados acima.

A geração de torta de filtro no Paraná, nos anos safras de 2008 a 2017, foram respectivamente entre 0,001t a 102.400,00t conforme demonstrado na figura 25 com parâmetros que demonstram produção de etanol, com os anos safras 2016/2017; 2015/2016; 2014/2015; 2013/2014; 2012/2013; 2011/2012; 2010/2011; 2009/2010 e 2008/2009 identificados pelas letras: “a”; “b”; “c”; “d”; “e”; “f”; “g”; “h” e “i”.

Figura 25: Geração de ano torta de filtro safra (2009-2017) da cana-de-açúcar





Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

No ano safra 2016/2017 (figura 25 “a”), a geração de torta de filtro variou entre 8,63t a 102,4t nas mesorregiões, Noroeste Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Sudoeste Paranaense e Sudeste Paranaense.

No ano Safra de 2015/2016 (figura “b”), verifica-se que a geração de torta de filtro variou entre 8,63t a 102,4t nas mesorregiões, Noroeste Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Norte Central Paranaense e Norte Pioneiro Paranaense respectivamente.

No ano safra 2014/2015, (figura 25 “c”), a geração de torta de filtro variou entre 8,63t a 102,4t nas mesorregiões, norte paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Noroeste Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, e Oeste Paranaense.

No ano safra 2013/2014, (figura 25 “d”), a geração de torta de filtro variou entre 8,63t a 102,4t nas mesorregiões, Norte Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Noroeste Central Paranaense, Norte Pioneiro Paranaense, Sudoeste Paranaense e Sudeste Paranaense.

Por fim, nos anos safras 2012/2013, 2011/2012, 2010/2011, 2009/2010 e 2008/2009 (figura 25 “e”, “f,” “g,” “h” e “i”) as maiores gerações de torta de filtro concentrou-se nas mesorregiões Noroeste paranaense, Norte Central Paranaense,

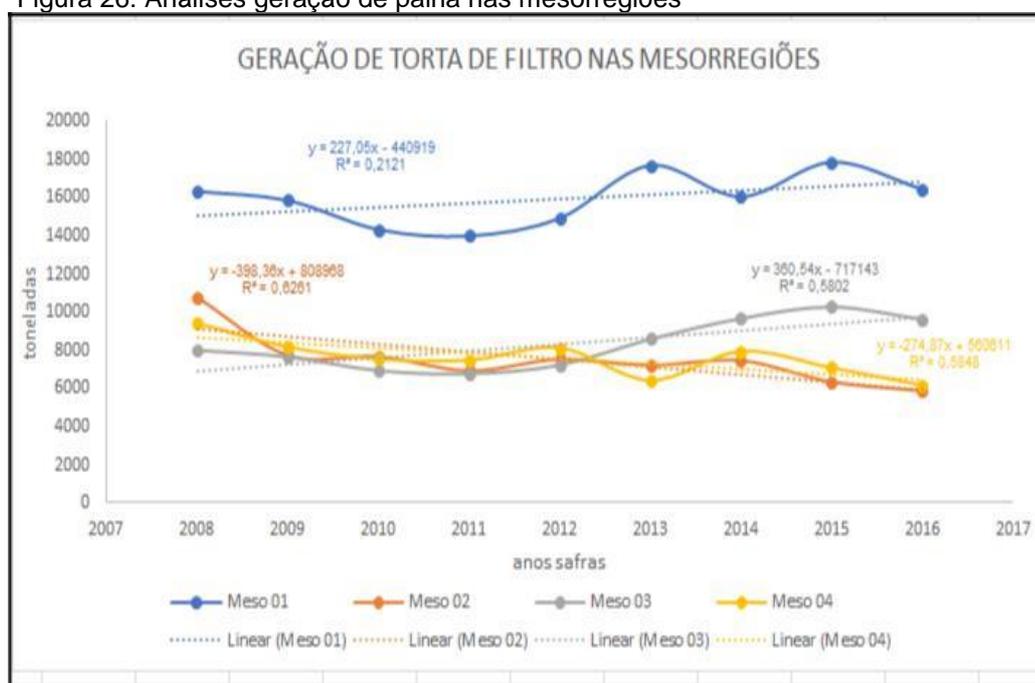
Norte Pioneiro Paranaense, Centro Ocidental Paranaense, Oeste Paranaense, Centro Sul Paranaense, Sudoeste e Sudeste variando 8,63t a 102,4t nestes respectivos valores seriam possíveis obter em torno de 4,21MWh a 10,522MWh, abasteceriam com essa energia o equivalente a 24 a 62 casas.

Nardin (2007) contribui com seu trabalho ao relatar que 60t/ha de torta de filtro proporciona aumento de P (fósforo) e Ca (cálcio). Com a maior quantidade produzida de torta de filtro nas mesorregiões acima poderia ser disposta em 1706ha, contribuindo com a fertilização do solo.

A De Lima Vasconcelos, et al. (2017) relatam em seus trabalhos que 7,5Mgha-1 de torta de filtro associada com superfosfato triplo proporciona aumento da troca gasosa nas plantas de cana-de-açúcar melhorando o rendimento na produção dos colmos e seus derivados.

A figura 26 demonstra a geração de torta de filtro nas mesorregiões Norte, Centro Ocidental, Norte Central e Norte Pioneiro Paranaense, representados no gráfico pelos números 01, 02, 03 e 04.

Figura 26: Análises geração de palha nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 01, no ano safra de 2008, obteve uma geração de torta de filtro aproximadamente 16000t, diminuindo nos anos posteriores com oscilação. O percentual da mesorregião 01, comparando os anos safra de 2008 e 2016, diminuiu 1%.

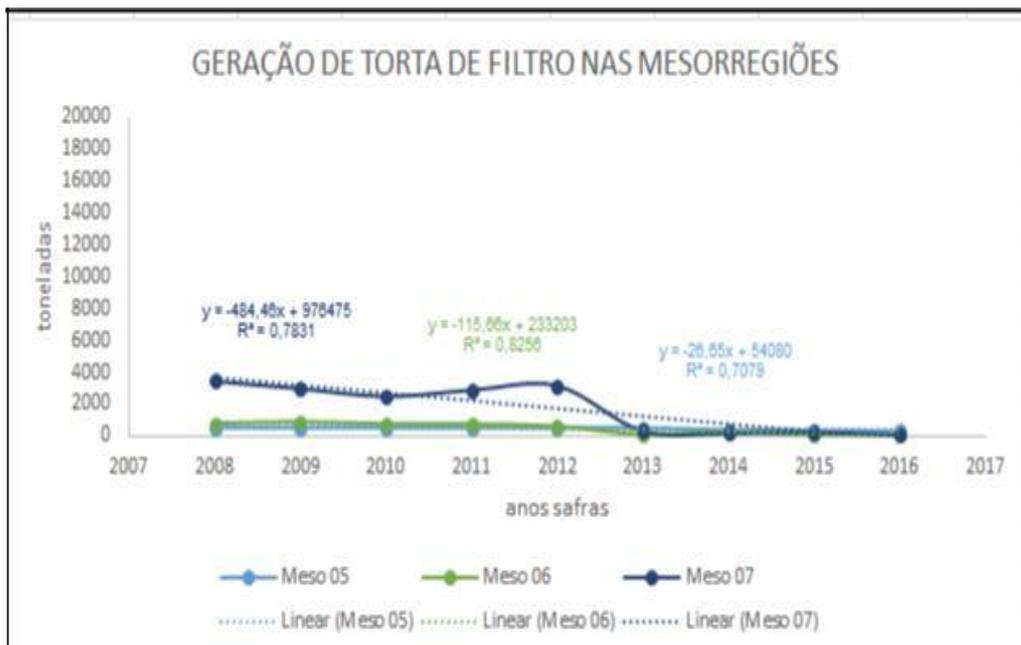
Na mesorregião 02, a maior geração de torta de filtro ocorreu no ano safra de 2008, com 11000t. O percentual da mesorregião 02, comparando o ano safra de 2008 e 2016, diminuiu 41%.

Na mesorregião 03, a maior geração de torta de filtro ocorreu no ano safra 2015, com 10000t. O percentual da mesorregião 03, comparando o ano safra de 2008 e 2016, aumentou em 18%.

Na mesorregião 04, sua geração de torta de filtro em 2008 foi de 9000t. O percentual da mesorregião 04, comparando o ano safra de 2008 e 2016, diminuiu 35%.

A figura 27 demonstra a geração de torta de filtro nas mesorregiões Centro Oriental, Oeste e Sudoeste Paranaense, representados no gráfico pelos números 05, 06 e 07.

Figura 27: Análises geração de torta de filtro nas mesorregiões



Na mesorregião 05 e 06, a geração foi de aproximadamente 200t de torta de filtro, diminuindo no decorrer dos anos safras seguintes se aproximando de zero.

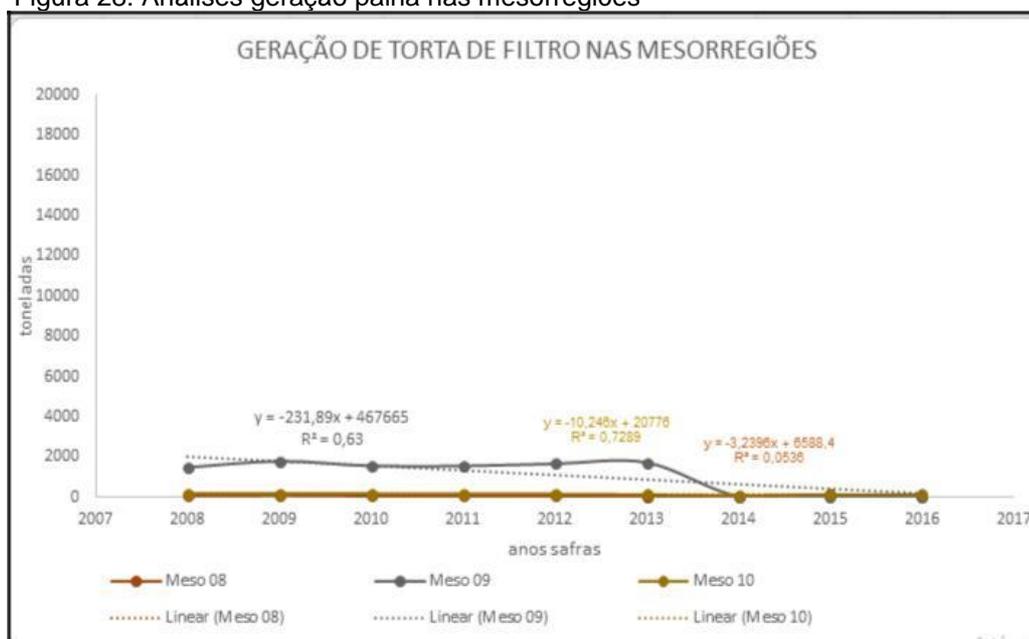
A mesorregião 05, comparando-se aos anos safra de 2008 e 2016, diminuiu em 40%, respectivamente, ao passo que a mesorregião 06 diminuiu 89%.

Na mesorregião 07, no ano de 2008, foram geradas 4000t de torta de filtro, decaindo nos dois anos seguintes, aumentando essa geração nos anos de 2011 e 2012, com diminuição suscetível até 2016.

O percentil da mesorregião 07, comparando a safra de 2008 e 2016, diminuiu 99%.

A figura 28 demonstra a geração de torta de filtro nas mesorregiões Centro-Sul, Sudeste Paranaense e Metropolitano de Curitiba, representados no gráfico pelos números 08, 09 e 10.

Figura 28: Análises geração palha nas mesorregiões



Fonte: Arquivo de estudos acadêmicos (2019)

A mesorregião 08 gerou aproximadamente 200t de torta de filtro, mantendo constante esse valor até o ano safra de 2016. O percentual da mesorregião 01, comparando os anos safra de 2008 e 2016, diminuiu 69%.

Na mesorregião 09, no ano safra de 2008, a geração de torta de filtro foi aproximadamente 1.000t de torta de filtro com oscilações até 2016. O percentual da mesorregião 09, comparando os anos safra de 2008 e 2016, diminuiu 97%.

Na mesorregião 10, sua geração torta de filtro de 2008 até 2013 manteve constante de aproximadamente 200t decaindo até 2016. O percentual da mesorregião 10, comparando os anos safra de 2008 e 2016, diminuiu 31%. A cana-de-açúcar diminuiu no decorrer dos anos safras analisados a sua produção e produtividade e, conseqüentemente, seus resíduos, em decorrência de fatores climáticos associados com envelhecimento de canaviais (CONAB 2017).

## CONCLUSÃO

O cultivo de cana-de-açúcar aparece em várias regiões do Paraná, sendo as mesorregiões, noroeste paranaense, Centro Ocidental paranaense, norte central paranaense, norte pioneiro paranaense as que apresentaram com maior produção de cana-de-açúcar e geração de resíduos.

No decorrer dos anos safras de 2008/2009 a 2016/2017, houve diminuição na produção de cana-de-açúcar, conseqüentemente, na produção de álcool e na geração de seus resíduos, bagaço, palha, vinhaça e torta de filtro.

A possível geração de energia por bagaço, alcançaria 215,04MWh possibilitando o abastecimento de 1267 residências, com consumo de 0,17MWh ao mês. No caso da venda da energia dessa biomassa para rede distribuidora, sua arrecadação possível seria de R\$ 75048,96. Ajudando o setor hidrelétrico com a energia renovável extraída da cana-de-açúcar.

A possível geração de energia pela vinhaça seria de 26,1MWh. Com essa energia, poderia ser possível suprir a demanda de 153 domicílios residências com consumo de 0,17MWh ao mês. Assim, a sua venda para a rede distribuidora arrecadaria aproximadamente um valor de R\$10143,90. Com a palha, sua geração de energia seria de 204,8MWh, sendo possível abastecer com essa energia o equivalente a 1205 casas por mês, considerando o mesmo consumo de 0,17MWh ao mês.

Quanto à torta de filtro, seu uso como insumo agrícola poderia beneficiar 1706ha, contribuindo com a fertilização do solo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANP - Agência Nacional de Petróleo. **Levantamento de Preços e de Margens de Comercialização de Combustíveis**. Disponível em: <<http://www.anp.gov.br/precos-e-defesa-da-concorrenca/precos/levantamento-de-precos>>. Acesso em: abr. de 2019.

ALAMILIA-MAGANA A, B, J. C.; CARRILLO-ÀVILA B, E.; OBRADOR-OLÀNC, J, J.; LANDEROS-SÀNCHEZ D, C.; VERA-LOPEZ B, J.; JUÀREZ-LÒPEZ C, J. F. J.C. Soil moisture tension effect on sugar cane growth and yield. **Agricultural Water Management**, v. 177, p. 264-273, 2016

ALCOPAR, Associação de Produtores de Bioenergia do Estado do Paraná. **Localização dos associados, 2016**. Disponível em: <<http://www.alcpar.org.br/associados/mapa.php>>. Acesso em: out. de 2018.

ANDRADE, L. P.; CRESPIM, E.; DE OLIVEIRA, N.; DE CAMPOS, R. C.; TEODORO, J. C.; GALVÃO, C. M. A.; & MACIEL FILHO, R. Influence of sugarcane bagasse variability on sugar recovery for cellulosic ethanol production. **Bioresource technology**, v.241, p.75-81, 2017.

ARAÚJO, R. M.; DE OLIVEIRA, R. A.; CUADRA, S. V.; DE ALMEIDA, I. R.; & WEBER, H. Condições agrometeorológicas para perfilhamento máximo da cultura de cana-de-açúcar em dois ambientes distintos de produção. **Agrometeoros**, v.25, n.1, 2018.

ARCOVERDE, S. N. S.; DE SOUZA, C. M. A.; DA SILVA, M. M.; SOARES, A. M.; SANTOS, W. R.; & SUÁREZ, A. H. T. Perfilhamento de variedades de cana-de-açúcar sob dois preparos do solo. **Nucleus**, v.15, n.2, p.349-356, 2018.

ASSAD, L. Aproveitamento de resíduos do setor sucroalcooleiro desafia empresas e pesquisadores. **Ciência e Cultura**. v.69, n.4, p.13-16. 2017.

BALESTRO, G. C.; HIGASHI, B.; LOPES, S. M. S.; GONÇALVES, J. E.; VIEIRA, L. G. E.; DE OLIVEIRA, A. J. B.; & GONÇALVES, R. A. C. Biochemical composition of symplastic sap from sugarcane genetically modified to overproduce proline. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.113, p.133-140, 2017.

BARBOSA, L. C.; DE SOUZA, Z. M.; FRANCO, H. C. J.; OTTO, R.; NETO, J. R.; GARSIDE, A. L.; & CARVALHO, J. L. N. Soil texture affects root penetration in Oxisols under sugarcane in Brazil. **Geoderma regional**, v.13, p.15-25, 2018.

BARRETO, T. V., & COELHO, A. C. D. **Distillation**. In: Sugarcane. p.341-363, 2015.

BECHARA, R.; GOMEZ, A.; SAINT-ANTONIN, V.; SCHWEITZER, J. M.; MARÉCHAL, F.; & ENSINAS, A. Review of design works for the conversion of sugarcane to first and second-generation ethanol and electricity. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.91, p.152-164, 2018.

BEN, Balanço Energético Nacional. **2017 ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE. 2017. Disponível em: <[https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em: out. de 2016.

BENITES-LAZARO, L. L.; GIATTI, L.; & GIAROLLA, A. Sustainability and governance of sugarcane ethanol companies in Brazil: Topic modeling analysis of CSR reporting. **Journal of Cleaner Production**, v.197, p.583-591, 2018.

BERNAL, A. P., DOS SANTOS, I. F. S., SILVA, A. P. M., BARROS, R. M., & RIBEIRO, E. M. Vinasse biogas for energy generation in Brazil: An assessment of economic feasibility, energy potential and avoided CO<sub>2</sub> emissions. **Journal of cleaner production**, v.151, p.260-271, 2017.

BEZERRA, J. D. C.; FERREIRA, G. D. G.; DE OLIVEIRA, M. W.; DE SOUZA CAMPOS, J. M.; DE ANDRADE, A. P.; & DO NASCIMENTO JÚNIOR, J. R. S. Cana-de-açúcar: Melhoramento genético e suas finalidades forrageiras. **Nucleus Animalium**, v.10, n.2, p.131-147, 2018.

BILGILI, M.; OZBEK, A.; SAHIN, B.; & KAHRAMAN, A. An overview of renewable electric power capacity and progress in new technologies in the world. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. v.49, p.323-334, 2015.

BONASSA, G.; SCHNEIDER, L. T.; FRIGO, K. D.; FEIDEN, A.; TELEKEN, J. G. & FRIGO, E. P. Subprodutos gerados na produção de bioetanol: Bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**. v.4, n.3, 2015.

CARDOSO, T. F., WATANABE, M. D. B., SOUZA, A., CHAGAS, M. F., CAVALETT, O., MORAIS, E. R., ... & BONOMI, A. A regional approach to determine economic, environmental and social impacts of different sugarcane production systems in Brazil. **Biomass and Bioenergy**, v.120, p.9-20, 2019.

CARPIO, L. G. T., & DE SOUZA, F. S. Optimal allocation of sugarcane bagasse for producing bioelectricity and second-generation ethanol in Brazil: scenarios of cost reductions. **Renewable energy**. v.111, p.771-780, 2017.

CASTIONI, G. A., et al. Soil physical quality response to sugarcane straw removal in Brazil: A multi-approach assessment. **Soil and Tillage Research**, v.184, p.301-309, 2018.

CARRILHO, E. N. V. M.; LABUTO, G.; & KAMOGAWA, M. Y. Destination of vinasse, a residue from alcohol industry: resource recovery and prevention of pollution. In: **Environmental Materials and Waste**. p.21-43, 2016.

CARVALHO, D. J.; VEIGA, J. P. S.; BIZZO, W. A. Analysis of energy consumption in three systems for collecting sugarcane straw for use in power generation. **Energy**, v.119, p.178-187, 2017.

COLAVITE, A.; MASSOQUIM, N.; GONÇALVES, M. Paisagem e produção agrícola regional: uma análise a partir de mapas temáticos da mesorregião centro ocidental paranaense, sul do Brasil. **GOT: Revista de Geografia e Ordenamento do Território**, n.14, p.135, 2018.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Boletim V.5 - Safra 2018/19 N.2 - Segundo levantamento | agosto 2018**. Disponível em: <file:///C:/Users/Familia/Downloads/BoletimZCanaZ2ZLevantamentoZ18-19.pdf>. Acesso em: jan. de 2018.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Relatório de safra. 2018**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: ago. de 2018.

CONAB Companhia Nacional de Abastecimento. **Relatório de safra. 2017**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: ago. de 2018.

CORTES-RODRÍGUEZ, E. F.; FUKUSHIMA, N. A.; PALACIOS-BERECHE, R.; ENSINAS, A. V.; & NEBRA, S. A. Vinasse concentration and juice evaporation system integrated to the conventional ethanol production process from sugarcane–Heat integration and impacts in cogeneration system. **Renewable Energy**, v.115, p.474-488, 2018.

CRUZ, A. C.; PEREIRA, F. DOS S.; FIGUEIREDO, V. S. DE. **Fertilizantes organominerais de resíduos do agronegócio: avaliação do potencial econômico brasileiro**. 2017.

DA SILVA, M. J.; FRANCO, H. C. J.; MAGALHÃES, P. S. G. Liquid fertilizer application to ratoon cane using a soil punching method. **Soil and Tillage Research. v.165, p.279-285, 2017.**

DAVID, G. F.; JUSTO, O. R.; PEREZ, V. H.; & GARCIA-PEREZ, M. Thermochemical conversion of sugarcane bagasse by fast pyrolysis: High yield of levoglucosan production. **Journal of Analytical and Applied Pyrolysis. v.133, p.246-253, 2018.**

DA SILVEIRA, G. R. P., DE BARROS, Z. X., & POLLO, R. A.. Geotecnologia aplicada no estudo e planejamento de ocupação e uso do solo em uma bacia hidrográfica para fins agrícolas e conservacionistas. **Periódico Eletrônico, Fórum Ambiental da Alta Paulista, v.10, n.2, 2014.**

DE ALMEIDA JÚNIOR, A. B., et. al. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi. v.15, n.10, 2011.**

DE CARVALHO, S. A. D.; FURTADO, A. T. **Tecnologia, produção e adaptação da cana-de-açúcar no brasil.** technology, production and adaptation of sugarcane in Brazil 2018.

DEFANTE, L. R., VILPOUX, O. F., & SAUER, L. Rapid expansion of sugarcane crop for biofuels and influence on food production in the first producing region of Brazil. **Food Policy. v.79, p.121-131, 2018.**

DEFILIPPI FILHO, L. C. **Estudo de viabilidade do uso da palhaça para geração de energia na entressafra de uma usina sucroenergética.** Tese de Doutorado. 2013.

DE MORAES, L. C.; & SEER, H. J. Pillow lavas and fluvio-lacustrine deposits in the northeast of Paraná continental magmatic province, Brazil. **Journal of Volcanology and Geothermal Research. v.355, p.78-86, 2018.**

DE MORAIS, L. F.; DE DEUS NEPOMUCENO, D.; DE CARVALHO ALMEIDA, J. C. Tratamentos de volumosos de baixo valor nutritivo para ruminantes - uma revisão. **Acta tecnológica. v.11, n.1, p.67-81, 2017.**

DE OLIVEIRA, L. A.; DE MIRANDA, J. H.; COOKE, R. AC. Water management for sugarcane and corn under future climate scenarios in Brazil. **Agricultural water management, v.201, p.199-206, 2018.**

DE OLIVEIRA, B. G., CARVALHO, J. L. N., CERRI, C. E. P., CERRI, C. C., & FEIGL, B. J. Greenhouse gas emissions from sugarcane vinasse transportation by open channel: a case study in Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v.94, p.102-107, 2015.

DEL NERY, V., ALVES, I., DAMIANOVIC, M. H. R. Z., & PIRES, E. C. Hydraulic and organic rates applied to pilot scale UASB reactor for sugar cane vinasse degradation and biogas generation. **Biomass and bioenergy**, v.119, p.411-417, 2018.

DE LIMA VASCONCELOS, R., DE ALMEIDA, H. J., DE MELLO PRADO, R., DOS SANTOS, L. F. J., & JÚNIOR, J. M. P. Filter cake in industrial quality and in the physiological and acid phosphatase activities in cane-plant. **Industrial crops and products**, v.105, p.133-141, 2017.

DE SOUZA, C. C.; LEANDRO, J. P.; DOS REIS NETO, J. F.; FRAINER, D. M.; & CASTELÃO, R. A. Cogeneration of electricity in sugar-alcohol plant: Perspectives and viability. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.91, p.832-837, 2018.

DOS SANTOS VIANNA, M.; SENTELHAS, P. C. Simulação do risco de déficit hídrico em regiões de expansão do cultivo de cana-de-açúcar no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, n.4, p.237-246, 2014.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Árvore do conhecimento cana-de-açúcar**. 2006. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG0\\_39\\_711200516717.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG0_39_711200516717.html)>. Acesso em: jan. de 2019.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de pesquisa agropecuária. **Plantio da cana-de-açúcar**. 2005. Disponível em: <[https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_33\\_711200516717.htmls](https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_33_711200516717.htmls)>. Acesso em: jan. de 2019.

FRANCO, A. L.; CHERUBIN, M. R.; PAVINATO, P. S.; CERRI, C. E.; SIX, J.; DAVIES, C. A.; & CERRI, C. C. Soil carbon, nitrogen and phosphorus changes under sugarcane expansion in Brazil. **Science of the Total Environment**, v.515, p.30-38, 2015.

FOLHA DE SÃO PAULO. **Mercado**. <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi1408200816.htm>>. Acesso em: abr. de 2019.

FUESS, L. T.; GARCIA, M. L.; ZAIAT, M. Seasonal characterization of sugarcane vinasse: Assessing environmental impacts from fertirrigation and the bioenergy recovery potential through biodigestion. **Science of The Total Environment**, v.634, p.29-40, 2018.

G1 notícias. **Paranaense vai ter aumento de 15% na conta de luz a partir de 24 de junho,19/06/2018 19h11.** Disponível em: <<https://g1.globo.com/pr/parana/noticia/consumidor-paranaense-vai-ter-aumento-de-15-na-conta-de-luz-a-partir-de-24-de-junho.ghtml>>. Acesso em: fev. de 2019.

GONÇALVES, S. P. C.; STRAUSS, M.; DELITE, F. S.; CLEMENTE, Z.; CASTRO, V. L.; & MARTINEZ, D. S. T. Activated carbon from pyrolysed sugarcane bagasse: Silver nanoparticle modification and ecotoxicity assessment. **Science of the Total Environment**, v.565, p.833-840, 2016.

GONZÁLEZ-MAHECHA, R. E.; LUCENA, A. F.; GARAFFA, R.; MIRANDA, R. F.; CHÁVEZ-RODRIGUEZ, M., CRUZ, T.; ... & RATHMANN, R. Greenhouse gas mitigation potential and abatement costs in the Brazilian residential sector. **Energy and Buildings**, v.184, p.19-33, 2019.

GRANCO, G.; SANT'ANNA, A. C.; BERGTOLD, J. S.; & CALDAS, M. M. Factors influencing ethanol mill location in a new sugarcane producing region in Brazil. **Biomass and bioenergy**, v. 111, p. 125-133, 2018.

HARVEY, F. **A primer of GIS: Fundamental geographic and cartographic concepts.** Guilford Publications. 2015.

HUNT, J. D.; STILPEN, D.; & DE FREITAS, M. A. V. A review of the causes, impacts and solutions for electricity supply crises in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.88, p.208-222, 2018.

JANKE, L.; WEINRICH, S.; LEITE, A. F.; STRÄUBER, H.; RADETSKI, C. M.; NIKOLAUSZ, M.; ... & STINNER, W. Year-round biogas production in sugarcane biorefineries: Process stability, optimization and performance of a two-stage reactor system. **Energy Conversion and Management**. v.168, p.188-199, 2018.

JOPPERT, C. L.; PERECIN, D.; SANTOS, M. M.; COELHO, S. T.; & CAMACHO, J. L. P. A short-cut model for predicting biomethane availability after biogas upgrading. **Journal of Cleaner Production**, v.200, p.148-160, 2018.

JOPPERT, C. L., DOS SANTOS, M. M., COSTA, H. K., DOS SANTOS, E. M., & MOREIRA, J. R. S. Energetic shift of sugarcane bagasse using biogas produced from sugarcane vinasse in Brazilian ethanol plants. **Biomass and bioenergy**, v.107, p.63-73, 2017.

LEAL, M. R. L. V.; GALDOS, M. V.; SCARPARE, F. V.; SEABRA, J. E. A.; WALTER, A.; OLIVEIRA, C. O. F. Sugarcane straw availability, quality, recovery and energy use: a literature review. **Biomass and Bioenergy**. v.53, p.11-19. DOI: 10.1016/j.biombioe.2013.03.007, 2013.

LEME, R. M.; & SEABRA, J. E. Technical-economic assessment of different biogas upgrading routes from vinasse anaerobic digestion in the Brazilian bioethanol industry. **Energy**, v.119, p.754-766, 2017.

LEPSCH, I. F. **Formação e conservação dos solos**. Oficina de textos, 2016. Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=NH8LDAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT7&dq=forma%C3%A7%C3%A3o+de++argila&ots=V31bT9BCIB&sig=rFaFWcpECcNJJEb1fevkdLyFDc#v=onepage&q=forma%C3%A7%C3%A3o%20de%20%20argila&f=false>>. Acesso em: dez. de 2018.

LIMA, C. R. A.; DE MELO, G. R.; STOSIC, B.; & STOSIC, T. **Cross-correlations between Brazilian biofuel and food market: Ethanol versus sugar**. Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2018.

MANHÃES, C. M. C.; GARCIA, R. F.; FRANCELINO, F. M. A.; DE OLIVEIRA FRANCELINO, H.; & COELHO, F. C. Factors that affect sprouting and tillering of sugar cane. **Vertices**, v.17, n.1, p.163-181, 2015.

MAO, G.; HUANG, N.; CHEN, L.; & WANG, H. Research on biomass energy and environment from the past to the future: A bibliometric analysis. **Science of The Total Environment**, v.635, p.1081-1090, 2018.

Marques, N. P., de Cassia Pereira, J., Gomes, E., da Silva, R., Araújo, A. R., Ferreira, H., ... & Bocchini, D. A. Cellulases and xylanases production by endophytic fungi by solid state fermentation using lignocellulosic substrates and enzymatic saccharification of pretreated sugarcane bagasse. **Industrial Crops and Products**. v.122, p.66-75, 2018.

MARTINI, D. Z.; SANCHES, I. D. A.; GALDOS, M. V.; DA SILVA, C. R. U.; & DALLA-NORA, E. L. Land availability for sugarcane derived jet-biofuels in São Paulo - Brazil. **Land Use Policy**, v.70, p.256-262, 2018.

MARTINS, C. H.; MAZZARO, F. O.; MARTINS FILHO, S. T.; & HOJO, L. Y. C. P. Análise da atividade pozolânica da cinza leve do bagaço de cana-de-açúcar e sua aplicação na produção de paviers. **Revista Tecnológica**, v.24, n.1, p.53-64. 2015.

MEYLAN, F. D.; MOREAU, V.; & ERKMAN, S. Material constraints related to storage of future European renewable electricity surpluses with CO<sub>2</sub> methanation. **Energy Policy**, v.94, p.366-376, 2016.

BRASIL - Ministerio de minas energia. **Portaria nº65, de 27 de fevereiro de 2018.** Disponível em <<http://www.portosdoparana.pr.gov.br/arquivos/File/LegislacaoAmbiental/MME/PMM E0652018.pdf>>. Acesso em: abr de 2019

MONTEIRO, L. A. **Sugarcane yield gap in Brazil: a crop modelling approach.** Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2015.

MORAES, M.A.F.D., ZILBERMAN, D., 2014. **Production of etanol from sugarcane in Brazil.** Springer, London. Disponível em: <<https://scholar.google.com.br/scholar?hl=pt->

BR&as\_sdt=0%2C5&q=Moraes%2C+M.A.F.D.%2C+Zilberman%2C+D.%2C+2014.+

Production+of+Ethanol+from+Sugarcane+in+Brazil.+Springer%2C+London.&btnG=> Acesso em: out.de 2018.

MORATO, M. M.; DA COSTA MENDES, P. R.; CANI, A. A.; NORMEY-RICO, J. E.; & BORDONS, C. Future hybrid local energy generation paradigm for the brazilian sugarcane industry scenario. **International Journal of Electrical Power & Energy Systems**, v.101, p.139-150, 2018.

MÜLLER, N L. **Contribuição ao estudo do norte do Paraná.** Boletim Paulista de Geografia, n.22, p.55-97, 2017.

NAKANISHI, S. C.; NASCIMENTO, V. M.; RABELO, S. C.; SAMPAIO, I. L. M.; JUNQUEIRA, T. L.; & ROCHA, G. J. M. Comparative material balances and preliminary technical analysis of the pilot scale sugarcane bagasse alkaline pretreatment to 2G ethanol production. **Industrial Crops and Products**, v.120, p.187-197, 2018.

NEVES, M. F., & TROMBIN, V. G., V. G. A. **Dimensão do Setor Sucreenergético. Mapeamento e Quantificação da Safra**, v.2014, 2013.

NOLLA, A.; VILA, E. J. P.; SILVA, W.; BERTICELLI, C. L. & CARNEIRO, A. R. Atributos e estratégias de utilização da torta de filtro como fertilizante para a cana-de-açúcar. **Journal of Agronomic Sciences**. v.4, p.121-135, 2015.

OLADI, S.; & AITA, G. M. Optimization of liquid ammonia pretreatment variables for maximum enzymatic hydrolysis yield of energy cane bagasse. **Industrial crops and products**, v.103, p.122-132, 2017.

PADILLA, E. R. D.; PIRES, I. C. S.; YAMAJI, F. M. & FANDIÑO, M. M. Produção e caracterização físico-mecânica de briquetes de fibra de coco e palha de cana-de-açúcar. **Revista Virtual de Química**, v.8, n.5, 2016.

PAZUCH, F. A.; NOGUEIRA, C. E. C.; SOUZA, S. N. M.; MICUANSKI, V. C., FRIEDRICH, L.; & LENZ, A. M. Economic evaluation of the replacement of sugar cane bagasse by vinasse, as a source of energy in a power plant in the state of Paraná, Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.76, p.34-42, 2017.

PROENZA PÉREZ, N.; MACHIN, E. B.; PEDROSO, D. T.; ANTUNES, J. S.;

SILVEIRA, J. L. Fluid-dynamic assessment of sugarcane bagasse to use as feedstock in bubbling fluidized bed gasifiers. **Applied Thermal Engineering**, v.73, n.1, p.238-244, 2014.

SILVA, J. L. D. **Crônica de uma seca anunciada: a crise hídrica em Campinas-**

**SP e seus impactos sobre as populações das bacias hidrográficas do Ribeirão Anhumas e do Rio Capivari (2012-2016)**. 2017.

RODRÍGUEZ, F.; CASTILLA, M.; SÁNCHEZ, J. A.; & PAWLOWSKI, A. semi-virtual plant for the modelling, control and supervision of batch-processes. An example of a greenhouse irrigation system. **IFAC-Papers On-Line**, v.48, n.29, p.123-128, 2015.

SANTOS, G. R. D., GARCIA, E. A., & SHIKIDA, P. F. A. **A crise na produção do etanol e as interfaces com as políticas públicas**. 2015.

SANCHES, G. M.; MAGALHÃES, P. S. G.; & FRANCO, H. C. J. Site-specific assessment of spatial and temporal variability of sugarcane yield related to soil attributes. **Geoderma**, v.334, p.90-98, 2019.

SAYURI YAMAGUCHI, C.; RAMOS, N. P.; SILVA CARVALHO, C.; MORENO PIRES, A. M.; & DE ANDRADE, C. A. Decomposição da palha de cana-de-açúcar e balanço de carbono em função da massa inicialmente aportada sobre o solo e da aplicação de vinhaça. **Bragantia**, v. 76, n. 1, 2017

SCARPARE, F. V.; HERNANDES, T. A. D.; RUIZ-CORRÊA, S. T.; PICOLI, M. C. A.; SCANLON, B. R.; CHAGAS, M. F.; ... & DE FÁTIMA CARDOSO, T. Sugarcane land use and water resources assessment in the expansion area in Brazil. **Journal of cleaner production**, v.133, p.1318-1327, 2016.

SCARPARE, F. V., HERNANDES, T. A. D., RUIZ-CORRÊA, S. T., KOLLN, O. T., DE CASTRO GAVA, G. J., DOS SANTOS, L. N. S., & VICTORIA, R. L.. Sugarcane water footprint under different management practices in Brazil: Tietê/Jacaré watershed assessment. **Journal of cleaner production**, v.112, p.4576-4584, 2016.

SEMA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Resolução SEMA nº076, de 20 de dezembro de 2010.** (DOEPR). Disponível em: <[http://www.iap.pr.gov.br/.../RESOLUCOES/res\\_sema\\_076\\_de\\_20\\_12\\_10\\_despalha\\_cana\\_de\\_acucar](http://www.iap.pr.gov.br/.../RESOLUCOES/res_sema_076_de_20_12_10_despalha_cana_de_acucar)>. Acesso em: ago. de 2018.

SERAFIM, F. A.; & LANÇAS, F. M. **Sugarcane spirits (cachaça) quality assurance and traceability: An analytical perspective.** In: Production and management of beverages. woodhead publishing, p. 335-359, 2019.

SOUZA, L. G. DE. **Cultivo de lentinula edodes e pleurotus ostreatus em bagaço de cana-de-açúcar.** 2016.

SOARES, L. D. B., ALVES, B. J. R., URQUIAGA, S., & BODDEY, R. M.. **Mitigação das emissões de gases efeito estufa pelo uso de etanol da cana-de-açúcar produzido no Brasil.** Embrapa Agrobiologia-Circular Técnica (INFOTECA-E), 2009.

SURENDRA, K. C.; TAKARA, D.; HASHIMOTO, A. G.; & KHANAL, S. K. Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.31, p.846-859, 2014.

TGARGUIFA, A.; ABDERAFAI, S.; & BOUNAHMIDI, T. Energy efficiency improvement of a bioethanol distillery, by replacing a rectifying column with a pervaporation unit. **Renewable Energy**, v.122, p.239-250, 2018.

TOGNETI, S. **Os resíduos da indústria sucroenergética: a vinhaça concentrada como potencial fertilizante**. 2016.

TRIPATHI, A. D. et al. **Estimates availability for global health**. In: **the health**. Academic Press, p. 3-24, 2019.

UNICA, União da Indústria de cana-de-açúcar. **Bioeletricidade, a energia verde do**

**Brasil**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/documentos/videos/bioeletricidade/>>. Acesso em: fev. de 2019.

**UNICA, União da Indústria de cana-de-açúcar**. Bioeletricidade cresce utilização de vinhaça de cana para gerar energia e como fertilizante, 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/noticia/39870311920324775593/cresce-utilizacao-de-vinhaca-de-cana-para-gerar-energia-e-como-fertilizante-/>>. Acesso em: fev. de 2019.

UNICA, União da Indústria de cana-de-açúcar. **Em reunião com ministro, Única defende importância da biomassa canavieira para o sistema elétrico**. Disponível em: <<https://www.novacana.com/n/etanol/politica/reuniao-ministro-unica-importancia-biomassa-canavieira-sistema-eletrico-250119>>. Acesso em: fev. de 2019.

UNICA, União da Indústria de cana-de-açúcar. **Setor sulcroalcoleiro**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/setor-sucroenergetico/>>. Acesso em: abr. de 2018.

VAZQUEZ, G. H.; BORTOLIN, R.; VANZELA, L. S.; DOS SB BONINI, C. & NETO, A. B. Uso de fertilizante organofosfatado e torta de filtro em cana-planta/use of organophosphated fertilizer and filtercake in plant-cane. **Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas**. v.9, n.1, p.53-64, 2015.

VISCHI FILHO, O. J.; SOUZA, Z. M. D.; SILVA, R. B. D.; LIMA, C. C. D.; PEREIRA, G., DE MORAES, D.; ... & SOUZA, G. S. D. **Capacidade de suporte de carga de latossolo vermelho cultivado com cana-de-açúcar e efeitos da mecanização no solo**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. p.322-332, 2015.

ZAKARIA, Z.; & KAMARUDIN, S. K. Direct conversion technologies of methane to methanol: an overview. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.65, p.250-261, 2016.