



VI Prêmio Serviço Florestal Brasileiro em Estudos de Economia e Mercado Florestal

Categoria Graduando

1º Lugar

Concentração e distribuição espacial da oferta brasileira de bioeletricidade florestal.

Autor:

Edvaldo Pereira Santos Júnior

**VI PRÊMIO SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO EM ESTUDOS DE ECONOMIA
E MERCADO FLORESTAL**

Categoria: Graduando

Tema: Economia e Mercados Florestais

Subtema: Mercado Florestal

**CONCENTRAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA
OFERTA BRASILEIRA DE BIOELETRICIDADE
FLORESTAL**

RESUMO

O uso da biomassa florestal para geração de eletricidade distribui-se pelo território nacional de acordo com a oferta de matéria e disponibilidade de mão de obra. Este trabalho analisou a concentração e a distribuição espacial da oferta brasileira de bioeletricidade florestal em 2018. Os dados foram obtidos no Banco de Informações de Geração da Agência Nacional de Energia Elétrica e os indicadores de concentração utilizados foram: Razão de Concentração [$CR(k)$], Índice de Herfindahl-Hirschman (HHI), Entropia de Theil (E) e o Coeficiente de Gini (G). A distribuição espacial e os conglomerados foram identificados por meio da estatística Scan. Os principais resultados mostraram que a região Sul possui o maior número de usinas e a maior potência instalada de bioeletricidade florestal no Brasil. O produto florestal que se destacou em potência instalada foi o licor negro das indústrias de papel e celulose, seguido dos resíduos florestais vinculados, principalmente, às serrarias. A concentração de número de usinas e potência instalada para o nível estadual foi classificada como de moderadamente alta para [$CR(k)$] e G , e baixa ou inexistente para HHI e E . Para a potência instalada das usinas apresentou concentração moderadamente baixa. Entre as fontes de biomassa florestal, a maior foi das usinas de gás de alto forno e a menor das firmas de resíduos florestais. Quanto a distribuição espacial de usinas da biomassa florestal, houve apenas um *cluster* significativo, situado na região Sul para o número, porém, para a potência instalada foram observados sete *clusters*, sendo os associados ao licor negro os de maior representatividade. Este estudo mostrou a importância do envolvimento da questão espacial nos modelos, seja pela sobreposição de informações do VBP e seja no desenvolvimento das políticas públicas.

Palavras-Chave: Bioenergia, concentração industrial, estatística Scan.

SUMÁRIO

1	Introdução.....	4
2	Objetivo.....	5
2.1	Objetivo Geral.....	5
2.2	Objetivos Específicos.....	5
3	REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
3.1	Biomassa e suas classificações.....	6
3.1.1	Uso energético da biomassa.....	6
3.1.2	Processos de conversão da biomassa.....	9
3.2	Uso da biomassa florestal brasileira.....	11
3.2.1	Lenha.....	11
3.2.2	Carvão Vegetal.....	13
3.2.3	Licor Negro.....	14
3.2.4	Gás de Alto Forno.....	15
3.2.5	Resíduos Florestais.....	15
3.3	Economia Industrial.....	16
3.3.1	Concentração industrial.....	17
3.4	Economia Espacial.....	18
3.4.1	Estatística Scan.....	19
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	20
4.1	Objeto de estudo.....	20
4.2	Medidas de concentração e desigualdade.....	21
4.2.1	Razão de Concentração.....	21
4.2.2	Índice Herfindahl-Hirschman.....	22
4.2.3	Índice de Entropia de Theil.....	23
4.2.4	Índice de Gini.....	23
4.3	Estatística Scan.....	24
4.3.1	Teste de Verossimilhança.....	24
4.3.2	Teste de Monte Carlo.....	25
4.3.3	Risco Relativo.....	26
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	27
6	CONCLUSÃO.....	39
7	REFERÊNCIAS.....	39

1 INTRODUÇÃO

A biomassa sempre foi utilizada como subsídio energético para sobrevivência humana, seja para propiciar aquecimento e cocção de alimento ou nos meios mais modernos, como a produção de biocombustíveis. A partir do século XIX, com o avanço tecnológico e o uso da energia a partir do carvão mineral e do petróleo, seu consumo foi progressivamente diminuído (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Nas últimas décadas, com o aumento acelerado pela demanda de energia, ficou clara a impossibilidade de manutenção do padrão de vida baseada somente nos combustíveis fósseis, devido principalmente ao esgotamento das reservas e à instabilidade de preços. Além do problema da escassez há questões ambientais, e ambas intensificam a busca por políticas públicas orientadas à ampliação da oferta de energias renováveis e de eficiência energética, seja na expansão, no investimento e na infraestrutura relacionada (GOLDEMBERG; LUCON, 2007; GUARDABASSI, 2006).

Dentre as energias renováveis, o uso da biomassa tornou-se uma alternativa energética viável, pois proporciona energia limpa e de qualidade, implicando num melhor aproveitamento dos resíduos vertidos ao meio ambiente. Sua utilização como combustível não eleva o nível de CO₂ na atmosfera, pois os poluentes gerados na queima encerram o ciclo iniciado pelo processo de fotossíntese (SHELL, 1994).

De acordo com International Energy Agency – IEA (2017), em 2016, a oferta energética mundial foi de 13761 MTep (Mega toneladas equivalentes de petróleo), sendo 31,9% obtido a partir do óleo diesel, 27,1% do carvão mineral, 22,1% do gás natural, 9,8% da biomassa e 9,1% de outras fontes. Para a eletricidade a biomassa apresentou participação inferior a 2% da geração mundial. Segundo a Renewable Energy Policy Network - REN (2017), em 2016, a oferta de bioeletricidade foi de 504 TWh e os países que mais contribuíram foram: os Estados Unidos, China, Alemanha, Brasil e Japão.

No Brasil, em 2017, a oferta de eletricidade foi de 165,20 GW, dos quais 77,50% foram de fontes renováveis, distribuídos em: 60,70% a partir de recursos hídricos, 8,78% com a biomassa, 7,45% da energia eólica e 0,57% da energia solar. A capacidade instalada para biomassa foi de 14,50 GW, onde 20,75% foi obtido a partir da bioeletricidade florestal, segundo recurso mais importante para geração de bioeletricidade no país (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL, 2017).

O uso da biomassa florestal apresenta vantagens comparativas aos demais combustíveis. A obtenção do recurso é barata, pode ser armazenado em espaços abertos, apresenta baixos níveis de enxofre na exaustão de gases e apresenta possibilidade de geração distribuída. A

geração distribuída é importante pois simplifica o sistema de transmissão e distribuição de energia, sendo uma rede inteligente e otimizando o controle entre oferta e demanda da eletricidade (KESHAV; ROSENBERG, 2011; SOARES et al., 2006).

Para Kon (1994), a concentração industrial é um aspecto importante na determinação da estrutura de mercado, apresentando influência nas estratégias adotadas, na economia de escala, no desenvolvimento de um setor e na abertura de novas empresas. Possas (1999), esclarece que o controle de determinadas empresas sobre a oferta de um serviço está associado à concentração industrial, definindo que quanto maior for a concentração, menor será a competição entre os participantes. Muitos estudos foram desenvolvidos utilizando a análise da concentração, dos quais destacam-se para o setor bancário: Mohammed et al. (2015), Berger, Minnis e Sutherland (2017), Luft e Zilli (2013) e Smaniotto e Alves (2016); e para o setor florestal: Coelho Junior et al. (2018), Heimann e Dresch (2013) e Filgueira et al. (2017). Para a concentração no setor de oferta de energia destaca-se o trabalho realizado por Chalvatzis e Ioannidis (2017) que avaliaram a concentração entre as fontes de energia utilizadas pela União Europeia.

A estatística Scan, desenvolvida para evidenciar zonas de riscos de epidemia, pode ser utilizada para identificação de conglomerados na oferta de bioenergia florestal, no Brasil; o método foi aplicado em diversas áreas do conhecimento, destacando-se: Balieiro (2008) para conglomerados de desmatamento, Vieira e Cançado (2013) para acidentes aéreos no Brasil e Lucena e Moraes (2012) para identificação de *clusters* dos homicídios por arma branca, em João Pessoa-PB.

A distribuição regional da oferta brasileira de bioeletricidade florestal e a ausência de estudos relacionados, tornou esta um objeto de estudo para a aplicação de modelos e métodos estatísticos. Assim este trabalho analisou a concentração e identificou os conglomerados da oferta brasileira de bioeletricidade florestal, em 2018.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Analisar a concentração e identificar as conglomerações da oferta brasileira de bioeletricidade florestal, em 2018.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a concentração brasileira da oferta bioeletricidade florestal, por meio dos indicadores de concentração, em 2018.
- Identificar os conglomerados brasileiros da oferta bioeletricidade florestal, por meio da Estatística Scan, em 2018.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico foi apresentado com os seguintes tópicos: A biomassa e suas classificações, com foco na biomassa florestal; apresentando o uso energético e os processos de conversão da biomassa. O uso da biomassa florestal brasileira, destacando os principais produtos florestais, como lenha, carvão vegetal, o licor negro, o gás de alto-forno e os resíduos florestais. Sob os aspectos teóricos foi por meio da economia industrial, demonstrando os indicadores de concentração, e da economia espacial, pelo método da estatística Scan.

3.1 Biomassa e suas classificações

Higman e Van der Burgt (2003) definem biomassa como qualquer combustível resultante de uma matéria que esteve recentemente viva. Probst e Hicks (1982) e Klass (1998) afirmaram que o recurso orgânico deve possuir um período inferior a 100 anos, para ser classificado de renovável e definido como biomassa. Segundo a ANEEL (2002), entende-se biomassa como todo recurso originário de matéria orgânica, seja animal ou vegetal, com potencial de utilização na produção de energia.

3.1.1 Uso energético da biomassa

Em 2015, o uso de biocombustíveis e resíduos forneceu cerca de 9% da energia consumida no mundo, com produção de 51 EJ (IEA, 2017). A disposição do consumo energético da biomassa no mundo é apresentada na Tabela 1. O uso tradicional da biomassa apresentou a maior participação, seguido da geração de calor industrial e da eletricidade e cogeração, com participação de 12,4%. No Brasil, o consumo energético da biomassa foi de 2,99 EJ. Deste total 46,2% foi destinado ao uso industrial, 21,6% de uso dos transportes, 18,4% destinado ao setor energético, 9,5% para uso residencial, 4% para uso agropecuário e 0,3% para o comércio (EPE, 2016). A geração de eletricidade a partir da biomassa utiliza uma variedade de fontes, subdividido em: florestal, agrícola e urbana (NOGUEIRA e LORA, 2002; ANEEL, 2017).

A biomassa energética agrícola são os produtos vindos de plantações não florestais, originados de culturas de curto prazo de colheita e que apresentam elevado potencial energético. Exemplos de recursos agrícolas são os resíduos de culturas, palhas, cascas de frutos, cereais, os bagaços e os resíduos das podas de pomares e vinhas. A biomassa energética agrícola se divide em duas categorias, as culturas agroenergéticas e os resíduos de atividades agrícolas, agroindustriais e da produção animal (NOGUEIRA; LORA, 2002).

Tabela 1. Uso final da energia da biomassa em EJ e participação relativa, no mundo, em 2015.

Discriminação	EJ	%
Uso tradicional	28,254	55,4
Geração de calor industrial	8,109	15,9
Eletricidade e cogeração	6,324	12,4
Geração moderna de calor	4,386	8,6
Transportes	3,213	6,3
Outros	0,714	1,4

Fonte: IEA (2017).

Os resíduos urbanos são todo lixo gerado nas cidades, resultantes de ações antrópicas e lançados no meio ambiente, com composição que varia de acordo com a localidade onde são produzidos (GONÇALVES et al., 2009). As rotas tradicionais para geração de eletricidade são a combustão direta ou a gaseificação após separação de materiais recicláveis. Os resíduos urbanos do esgoto destacam-se por apresentar grande quantidade de matéria orgânica residual e consequente potencial para a geração de energia através da digestão anaeróbica (REICHERT, 2005).

Biomassa energética florestal são provenientes dos produtos e subprodutos florestal de acordo com a Figura 1. Os principais produtos da biomassa florestal são o carvão vegetal, a lenha, o licor negro e os resíduos florestais. Segundo Nogueira e Lara (2002), o grande potencial energético da biomassa florestal justifica-se pelo baixo teor de umidade e pela celulose e lignina contidas na matéria. O uso final energético da biomassa florestal podem ser as rotas de transformações termoquímicas ou mais complexas para a produção de combustíveis líquidos e gasosos.

Segundo IEA (2017), a geração de energia elétrica a partir da biomassa, em 2016, foi de cerca de 500TWh, que corresponde a 2% da eletricidade total global e 8% da geração de eletricidade mundial a partir das energias renováveis. No Brasil a matriz energética apresentou predominância de fontes renováveis, devido à alta capacidade das hidrelétricas instaladas no país.

A Tabela 2 apresenta a composição oferta brasileira de eletricidade, em 2017. O Brasil destacou-se mundialmente na geração de eletricidade a partir da biomassa com participação de 8,4% da potência instalada nacional. O país apresentou uma vasta produção, advinda do bagaço de cana, licor negro e resíduos florestais (ANEEL, 2017). No Brasil a biomassa utilizada para geração de eletricidade é classificada conforme o Tabela 3.



Figura 1. Fluxo da produção e utilização da biomassa florestal.

Fonte: Adaptado de Associação Brasileira dos Produtores de Floresta Plantadas – ABRAF (2009).

Tabela 2. Distribuição do número de usinas, potência instalada e participação das fontes de energia na matriz elétrica brasileira, em 2017.

Fonte	Nº de Usinas	Potência Instalada (GW)	%
Biomassa	547	14,50	8,78
Eólica	501	12,30	7,45
Fóssil	2459	27,03	16,36
Hidráulica	1308	100,27	60,70
Nuclear	2	1,99	1,20
Solar	81	0,94	0,57
Undi -hidráulica	1	0,00 ¹	0,00
Importação	-	8,17	4,95
Total	4899	165,20	100

Fonte: ANEEL (2017).

¹ A origem undi-hidráulica contribuiu com potência instalada de apenas 50 kW.

Tabela 3. Classificação da biomassa para oferta de eletricidade, em fontes de nível 1 e fontes de nível 2.

Fonte nível 1	Fonte de nível 2
Agroindustriais	Bagaço de Cana de Açúcar Biogás- ARG Capim Elefante Casca de Arroz
Biocombustíveis Líquidos	Óleos Vegetais Etanol
Floresta	Carvão Vegetal Gás de Alto Forno Lenha Licor Negro Resíduos Florestais
Resíduos Animais	Biogás - RA
Resíduos Sólidos Urbanos	Biogás -RU

Fonte: ANEEL (2017).

3.1.2 Processos de conversão da biomassa

De acordo com Karekesi et al. (2005), as tecnologias de uso da biomassa se classificam em tradicionais, aperfeiçoadas e modernas. As tecnologias tradicionais implicam na combustão direta como o uso da lenha, do carvão vegetal, dos resíduos agrícolas, de animais ou urbanos; às “aperfeiçoadas” proporcionam maior eficiência na combustão direta, tais como fogões e fornos e às tecnologias modernas quando há conversão de biomassa em eletricidade ou biocombustíveis.

Existem diversos processos para conversão da biomassa, que se adequam de acordo com sua aplicação. A Figura 2 apresenta as rotas de conversão da biomassa. A conversão da biomassa em eletricidade ocorre de forma bioquímica e termoquímica.

A conversão termoquímica transforma energia química em calor por meio de um processo de combustão. A diferença entre as rotas termoquímicas está associada ao nível de oxigênio fornecido ao processo, distribuído em: combustão direta, gaseificação e pirólise (DINKELBACH, 2000).

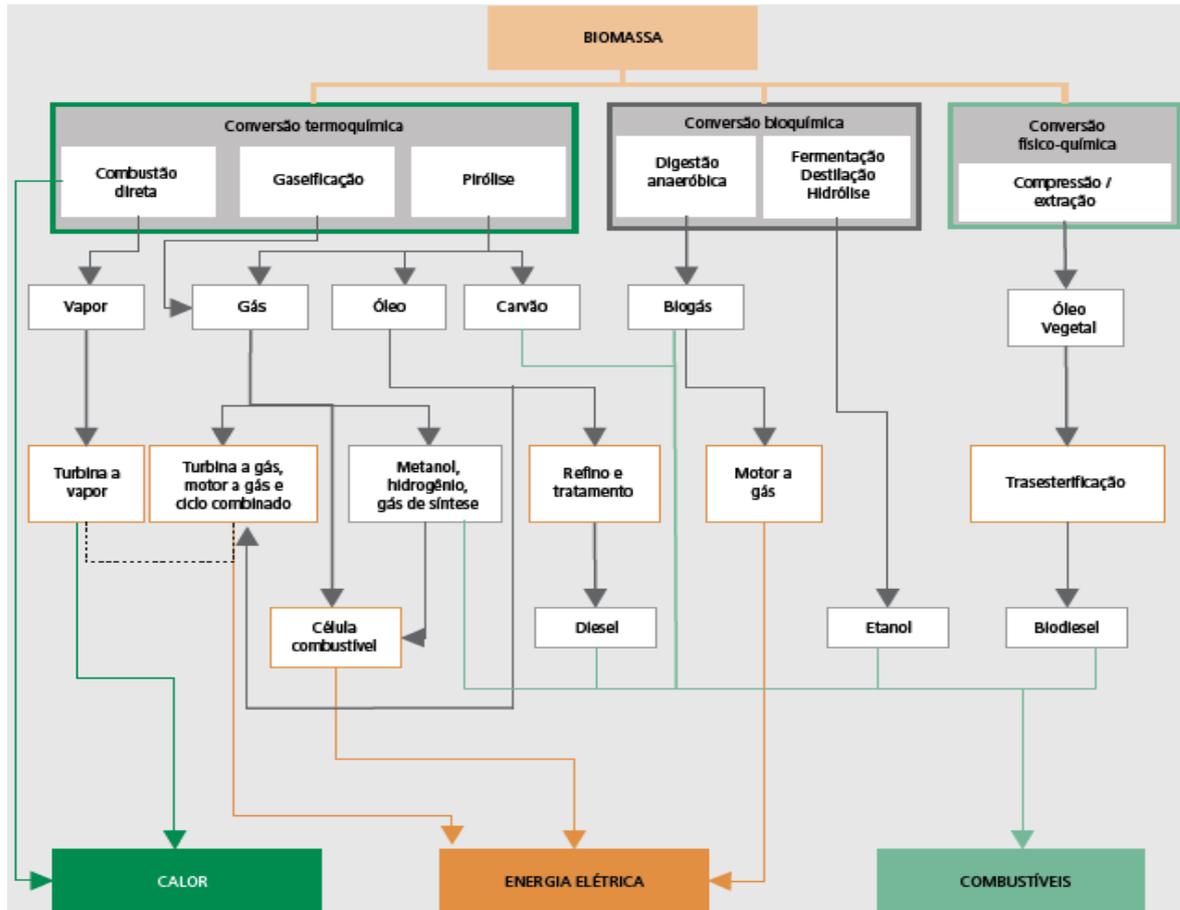


Figura 2. Rotas de conversão energética da biomassa.

Fonte: Brasil (2007).

Combustão Direta - O processo de combustão direta fornece uma quantidade suficiente de oxigênio para combustão completa da carga combustível. É produto desse processo uma mistura gasosa de elevada temperatura que são constituídos principalmente do dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O) e o nitrogênio (N_2) excedente (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Gaseificação - O processo de gaseificação não recebe a quantidade de oxigênio suficiente para que haja uma combustão completa do combustível, obtendo-se uma combustão parcial. Os produtos são gases que contém como principais componentes o monóxido de carbono (CO), hidrogênio (H_2), e metano (CH_4). Este gás combustível produzido pode ser queimado nas caldeiras, em motores ou em turbinas a gás (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Pirólise - A pirólise é um dos processos de conversão mais antigos. Ocorre na ausência do oxigênio ou em presença de pequenas taxas para a combustão da carga. A biomassa é queimada a temperaturas relativamente baixas (500 a 1.000 °C), o processo é lento e ao seu término ocorre a degradação térmica do combustível, resultando em produtos sólidos (carvão

vegetal), líquidos (óleo pirolítico) e gasosos (gás pirolítico) (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Já o processo bioquímico de conversão energética inclui a digestão anaeróbica, a fermentação/destilação e a hidrólise. Destas, a digestão anaeróbica apresenta as mais adequadas condições para a geração de energia elétrica, através do biogás. O etanol, combustível líquido resultante dos processos de fermentação/destilação ou hidrólise, tem uma aplicação predominante como combustível para o transporte, embora seja aplicável em máquinas térmicas de ciclos termelétricos (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008).

Digestão Aeróbia - A digestão aeróbia utiliza resíduos orgânicos diversos para produção de biogás. A degradação natural da matéria orgânica efetua pelas populações bacterianas na ausência do oxigênio, produzindo uma mistura de metano (CH₄) e de dióxido de carbono (CO₂), com concentração volumétrica do metano de 40 a 75%, em função do tipo de matéria orgânica processada (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008). A digestão aeróbia ocorre em biodigestores que oferecem condições ideais para que as bactérias fermentem a carga de matéria orgânica (VERINGA, 2004).

3.2 Uso da biomassa florestal brasileira

Segundo o Sistema Nacional de Informações Florestais – SNIF (2016), o potencial florestal do Brasil é muito grande, em 2015, o território brasileiro apresentava 485,80 milhões de hectares de floresta nativa, o que representa 57,04% do território nacional e 9,93 milhões de hectares km² reflorestados, 1,17% da extensão territorial nacional. A distribuição do extrativismo vegetal, por meio dos produtos florestais madeireiros, foi de 59,03% para a obtenção de lenha, 13,97% para carvão vegetal e 27% para madeira em tora. Em relação à extração em florestas plantadas foram 24,76% para a obtenção de lenha e 19,42% transformado em carvão vegetal.

3.2.1 Lenha

A lenha é um dos recursos mais antigos utilizados pelo homem, apresenta baixo custo de extração e facilidade de obtenção (CORTEZ; LORA; GÓMEZ, 2008). A Figura 3 mostra a produção e o consumo brasileiro da lenha, no período de 2008 a 2017.

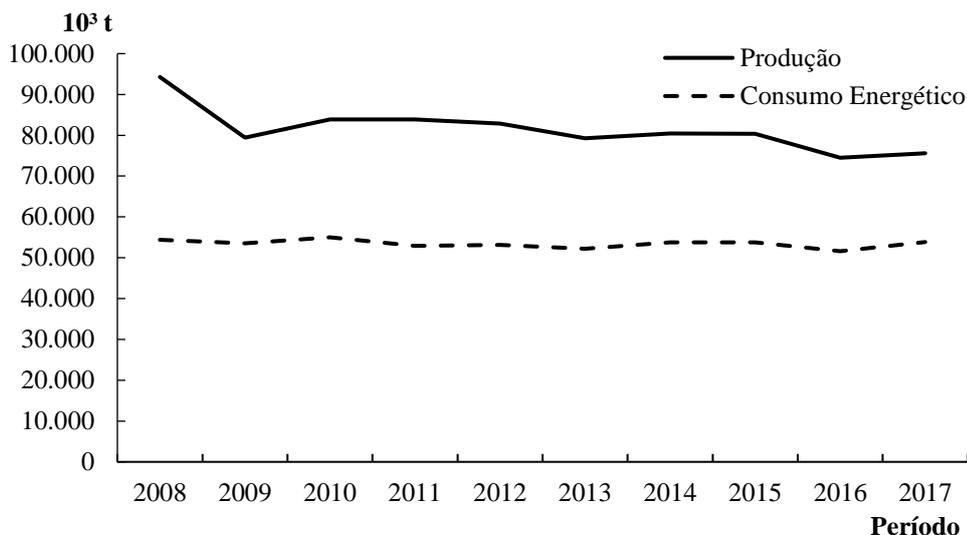


Figura 3. Produção e Consumo Energético da lenha no Brasil, de 2008 a 2017.

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética – EPE (2018).

A produção de lenha decresceu em 24,06% a.a., entre 2008 e 2017, com maior diminuição em 2008 e 2009. O consumo energético foi constante durante todo o período de análise. No ano de 2008, a produção de lenha foi de 94,28 milhões de toneladas (t) e o consumo energético de 54,38 milhões t, representando 57,68% do potencial de lenha produzida. Em 2017, a produção de lenha foi de 75,56 milhões t enquanto o consumo energético foi de 53,82 milhões t, representando 71,23% do total consumido de lenha no país.

No Brasil, o uso de lenha para geração de eletricidade é pequeno. De 2006 a 2015, apenas 10,75 milhões t foram destinados à produção de energia elétrica, valor inferior a 10% do extraído apenas em 2017 (EPE, 2016). A Figura 4 apresenta o consumo da lenha nos diferentes setores nacional de 1970 a 2017.

Observou-se diminuição do consumo de lenha no setor residencial, aumento no consumo industrial, oscilações para a indústria de transformação e um pequeno decréscimo no setor agropecuário, onde o uso da lenha destina-se principalmente para secagem de grãos. Os segmentos industriais que utilizaram a lenha como recurso energético, foram o cimenteiro, de papel e celulose e cerâmico (BRITO, 2007).

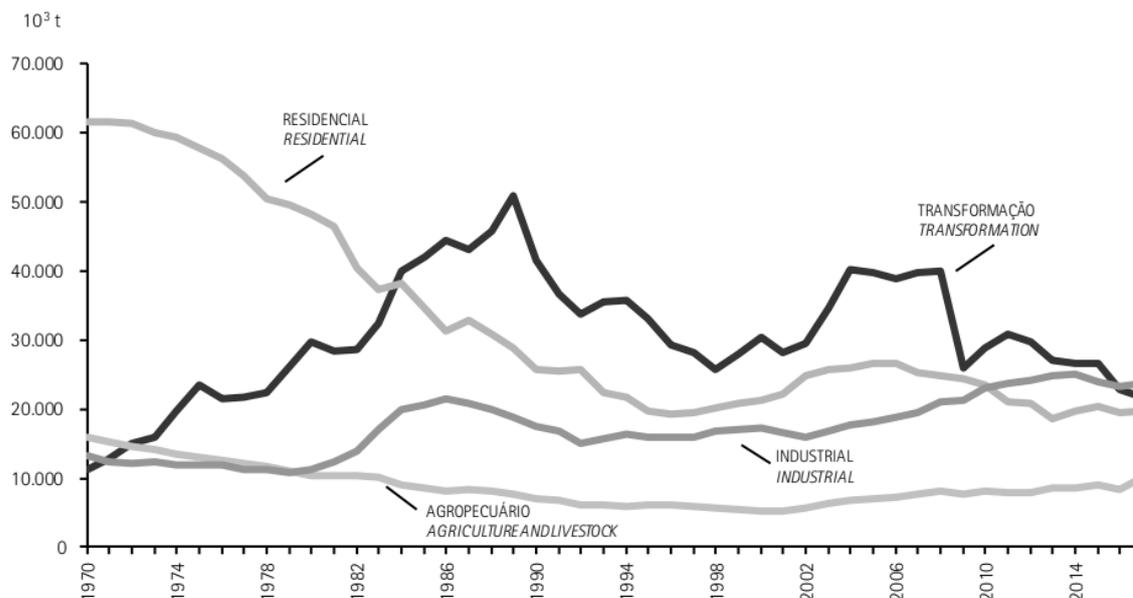


Figura 4. Consumo de lenha pelos setores no Brasil, de 1970 a 2017.

Fonte: EPE (2018).

3.2.2 Carvão Vegetal

O carvão vegetal é um recurso abundante em carbono e com estrutura semelhante à madeira., sendo obtido a partir da queima da madeira a temperaturas superiores a 400°C (ABREU; OLIVEIRA; GUERRA, 2010). A Figura 5 apresenta a produção e consumo energético do carvão vegetal no Brasil, de 2006 a 2015.

O carvão vegetal apresentou decréscimo na produção média (6,89 milhões t), com queda de 21,42% a.a. O consumo energético médio foi de 6,73 milhões t, com a taxa de decréscimo de 21,49% a.a. Em 2008 a produção de carvão vegetal foi de 9,89 milhões t e o consumo energético de 9,61 milhões t. Para o ano de 2017, a produção do carvão vegetal foi de 5,23 milhões t e o consumo energético de 5,16 milhões t.

O carvão vegetal é utilizado em diversos processos industriais, destacando-se os setores químicos, de ferro-ligas e de ferro-gusa e aço. Sendo o último, responsável por um consumo médio de 3,14 milhões de t (60,85% do consumo nacional de carvão vegetal na última década), entre 2006 e 2015 (EPE, 2016).

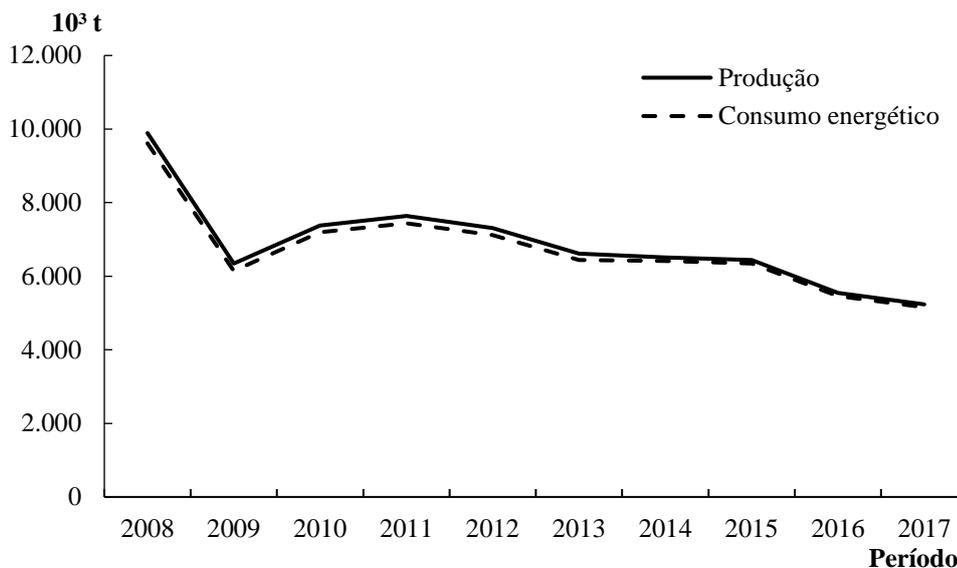


Figura 5. Produção e Consumo Energético do carvão vegetal, no Brasil, no período de 2008 a 2017.

Fonte: EPE (2018).

3.2.3 Licor Negro

O licor negro, também conhecido por lixívia, é um resíduo resultante do processo de cozimento da madeira nas indústrias de papel e celulose. Trata-se de uma mistura de componentes orgânicos e inorgânicos da madeira e apresenta poder calorífico inferior na ordem de 2860 kcal/kg (CARDOSO, 2012).

Segundo Cardoso (2012), o licor negro pode ser obtido através do processo Kraft; onde uma solução de hidróxido de sódio e sulfito de sódio é adicionado com o intuito de separar a celulose da matéria prima da lenha. Grande parte da madeira se solubiliza junto com os produtos químicos resultando em licor negro. No Brasil, o licor negro é utilizado para geração de eletricidade e na indústria de transformação.

Após o após a crise energética brasileira em 2000, as indústrias passaram a buscar alternativas de geração de eletricidade e o setor de celulose e papel tirou vantagens dentro do seu processo produtivo. A Figura 6 apresenta a produção e o consumo energético do licor negro, de 2008 a 2017. Houve aumento de 29,34% a.a. na produção, com média de 23,78 milhões t, justificado pela utilização do recurso para cogeração e auto produção de eletricidade.

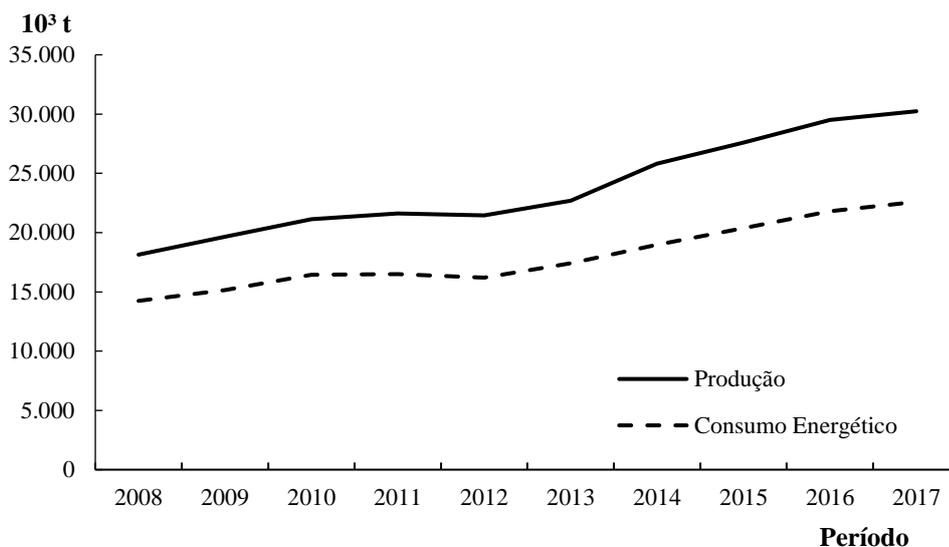


Figura 6. Produção e Consumo Energético de licor negro no Brasil, no período de 2008 a 2017.

Fonte: EPE (2018).

3.2.4 Gás de Alto Forno

Os gases gerados em alto-forno são constituídos de monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), nitrogênio (N₂) e material particulado. O setor responsável por maior parte da produção destes insumos é o siderúrgico, na obtenção de ferro-gusa e aço. (FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE - FEAM, 2010).

Segundo Batista (2009), o gás de alto-forno ainda é subutilizado nas indústrias siderúrgicas, pois apenas 40% a 60% do rejeito é utilizado na forma de cogeração, sendo o restante descartado. Mello (2015) mostrou que o investimento em autoprodução de eletricidade, a partir de do gás de alto forno, é crescente e justificado pelo alto consumo e aumento dos preços da eletricidade.

3.2.5 Resíduos Florestais

Resíduos florestais são materiais resultantes da extração e beneficiamento madeireiro. São produtos tocos altos, galhos grossos das copas, ponteiros de fuste, árvores finas descartadas, toras perdidas, serragem gerada no abate, extração de podas urbanas e serragem resultante de reprocessamentos industriais (FOELKEL, 2007).

Para Foelkel (2007), a quantidade de resíduos gerados é dependente de fatores como: qualidade da floresta, homogeneidade das árvores, limite do seccionamento das toras para uso industrial, equipamentos utilizados na colheita, experiência dos operadores florestais, gestão que se pretende adotar na coleta e a finalidade do recurso lenhoso.

Casagrande Junior et al. (2004) afirmam que a quantidade de volume gerado e os impactos ambientais são a principal problemática para este recurso. Como solução, Wiecheteck (2009) afirma que os resíduos têm dois destinos principais: o uso como matéria prima para produtos de maior valor agregado (PMVA) e a destinação para fins energéticos, como a geração de eletricidade. Para Rummer e Seixas (2007), a biomassa resultante da extração florestal é o recurso mais barato para obtenção de energia, pois leva em consideração apenas o custo de extração e transporte.

3.3 Economia Industrial

De acordo com Kupfer e Hasenclever (2013) o estudo da economia industrial foi motivado pela necessidade de compreensão das interações e dinâmicas reais dos setores industriais. Coase (1937), Hall e Hitch (1939) e Mason (1939) contribuíram de forma expressiva para o desenvolvimento das análises das firmas em estruturas de mercado imperfeitas.

Coase (1937) apontou a importância dos estudos de relações entre firmas para regulamentação de mercados, considerando custos como restrições econômicas. Para Hall e Hitch (1939) a existência de oligopólio, atribuída a Teoria do Custo Total, a regulação de nível de preços, com equilíbrio obtido a partir da curva de demanda quebrada. Mason (1939) incorporou a concepção do paradigma estrutura, conduta e desempenho (ECD) atribuindo a firmas a liberdade na escolha de preços de seus produtos e estabelecendo uma relação entre estrutura de mercado e as estratégias e desempenho dos participantes.

Embasado nas avaliações de Mason (1939), Bain (1959), atribuiu o desenvolvimento econômico a estrutura de mercado, representada pelo grau de concentração entre as firmas ou pelas barreiras à entrada de participantes. Possas (1999) apresentou três definições para a estrutura de mercado. A primeira refere-se às características básicas do mercado: o número de concorrentes, a existência de monopólio, oligopólio ou concorrência e a existência de produtos homogêneos.

Outro sentido diz respeito à concentração, à possibilidade de substituição dos produtos e às barreiras à entrada de novos concorrentes. Podem ser incluídos as estruturas de custo e o grau de integração vertical entre as empresas. Um terceiro implica na ênfase da evolução da estrutura, dadas as condições de concorrência. A possibilidade de transformar os lucros em investimentos, o grau de concentração da indústria e suas implicações, as mudanças concorrenciais e o desenvolvimento tecnológico fazem parte deste sentido, considerado por Possas (1999) o mais dinâmico.

De acordo com Nogami e Possas (2016), as principais estruturas de mercado são:

- Concorrência perfeita, quando a estrutura de mercado atende a um modelo ideal, embora seja uma construção teórica, esta estrutura de mercado apresenta casos com boa aproximação na realidade;
- Monopólio, onde na estrutura existe apenas um ofertante sem substituto próximo, o qual determina o preço do produto ofertado;
- Concorrência monopolista, esta contém elementos da concorrência perfeita e do monopólio, transferindo características intermediárias ao mercado;
- Oligopólio, um pequeno número de empresas comanda a oferta de determinado serviço. Este é o tipo de estrutura mais comum no cenário industrial. No Brasil as indústrias automobilísticas, de aço, do fumo, de bebidas e outros tem sua estrutura de mercado classificadas como de oligopólio.

O conhecimento da estrutura de mercado de um segmento ou região geográfica é indispensável para a organização de estratégias e investimentos, tendo em vista refletem em seus desempenhos (ALMEIDA, 2013).

3.3.1 Concentração industrial

A avaliação da concentração industrial desenvolveu-se baseado na necessidade da compreensão de determinadas estruturas de mercado e é determinante para avaliar a competição entre empresas. Uma concentração elevada implica em diminuição na concorrência de um dado setor, o que comumente eleva o poder virtual de mercado industrial (POSSAS, 1999).

Segundo Leite (1998), a concorrência de uma estrutura de mercado se modificada com alterações nos níveis de concentração dos participantes. Dentre os fatores que elevam a concentração destacam-se:

- O crescimento da produtividade das firmas;
- Fusões para aumento de empresas para aumentar os lucros;
- Diminuição da demanda, pois firmas mais estabelecidas tendem a sobreviver a mudança da estrutura de mercado;
- *Joint-ventures*;
- Mudança em incentivos ou regulamentações governamentais;
- Economias de escala;
- Desenvolvimento tecnológico;
- Crescimento do mercado, justificado pelo crescimento de unidades de grande porte;
- Publicidade.

Enquanto pode ser diminuída de acordo com:

- Inserção de novas firmas;
- Crescimento do tamanho do mercado;
- Fechamento de grandes empresas;
- Crescimento de firmas de médio e pequeno porte;
- Diminuição de barreiras.

A análise da concentração pode ser utilizada para determinação de estruturas de mercado, por sua capacidade de inferir o impacto da produção de uma determinada empresa sobre as atividades econômicas de uma determinada região (FEIJO; CARVALHO; RODRIGUEZ, 2003; RESENDE, 1994).

O grau de concentração industrial apresenta influência na economia de mercado. Uma estrutura de mercado monopolista ou oligopolista afeta preços e processos produtivos de segmentos industriais (LEITE, 1998). O estudo da concentração industrial é dependente da quantidade e porte das empresas que ofertam determinado produto e é influenciada de forma direta pelo comportamento das demais concorrentes (GEORGE; JOLL, 1983 apud ALMEIDA, 2013).

A análise da concentração industrial pode ser realizada a partir de índices como: a curva de concentração, razão de concentração, índice de Herfindahl-Hirschman e Entropia de Theil, os quais apresentam relevância para estudos acadêmicos, estabelecimento de políticas *antitrust* e avaliação de fusões horizontais (VARUM et al., 2016). Segundo Kon (1999), outras medidas podem ser utilizadas para verificar uma estrutura de mercado, como o patrimônio líquido, a capacidade produtiva instalada ou o número de empregados, contudo há a possibilidade de que não represente de forma sensata esta estrutura.

3.4 Economia Espacial

Empresas de um mesmo segmento podem estar agrupadas em uma determinada localidade, criando conglomerações espaciais. Os conglomerados são definidos como um acúmulo de dados ou casos em uma determinada área ou espaço. De acordo com Moura (2006), conglomerado é uma área na qual há um risco comprovadamente distinto de existência de uma atividade, em relação as áreas adjacentes. Aos conglomerados de alta concentração dá-se o nome, no inglês, *cluster* (KULLDORFF, 2015).

A partir da análise industrial realizada na Inglaterra, no século XIX e com base na teoria dos rendimentos crescentes de escala, Marshall (1920) desenvolveu o conceito de economia

“externa” que reflete as vantagens associadas às conglomerações industriais. De acordo com Garcia (2006), a concepção de economia externa ressalta que a existência de conglomerados pode ocorrer devido a uma grande demanda localizada e/ou condições naturais favoráveis, como: matéria-prima acessível, disponibilidade de fontes de energia, baixo custo de transporte.

A análise de Marshall (1920) aponta que os conglomerados apresentam três características indispensáveis ao setor industrial: a mão de obra qualificada, os fornecedores de bens e serviços e o acesso à tecnologia. Do ponto de vista da mão de obra, o estabelecimento de uma indústria dentro de um conglomerado reduz custos de qualificação e treinamento, pela oportunidade de obtenção de mão de obra qualificada sem investimentos de capital próprio. Os fornecedores de bens e serviços são atraídos aos conglomerados industriais, pois o estabelecimento físico de empresas em áreas próximas ao polo de produção minimiza seus custos. O acesso à tecnologia é facilitado na existência dos conglomerados, considerando que a proximidade geográfica facilita o compartilhamento do conhecimento científico e tecnológico, efeito também conhecido como transbordamento (*spill-overs*).

Carvalho e Santos (2005) mostraram diversos métodos utilizados para análises espaciais, dentre os quais destacam-se: a regressão, incorporando a estrutura espacial; a detecção de *clusters*; a metodologia *bayesiana* e os métodos que utilizam os Sistemas de Informações Geográficas (SIG). Para detecção de *clusters* destacaram-se o método da regularidade geométrica e a Estatística Scan.

3.4.1 Estatística Scan

A estatística Scan, criada por Kulldorff (1997), foi desenvolvida com o objetivo de avaliar casos epidemiológicos humano. O método foi um sucessor da estatística espacial Scan de Naus (1965) e apresentou uma importante utilização para análise de conglomerados. A estatística consiste em um conjunto de iterações que percorrem a área de estudo em janelas circulares ou cilíndricas e realiza testes de razão de verossimilhança para comprovação da significância dos *clusters* encontrados (VIEIRA; CANÇADO, 2013).

O teste de verossimilhança tem a determinação de sua significância baseada no teste de Monte Carlo, utilizado pela primeira vez por Dwass (1957) para a detecção de conglomerados. A Figura 7 apresenta um exemplo hipotético do funcionamento da estatística Scan. São várias as sugestões para localizar *clusters* espaciais de forma aleatória como as apresentadas no trabalho de Duczmal et al. (2008). O uso de métodos com liberdade geométrica mostrou-se com menor poder de detecção dos *clusters*. As áreas são interligadas de acordo com os valores da razão de verossimilhança e criam formas que não delimitam corretamente os *clusters*.

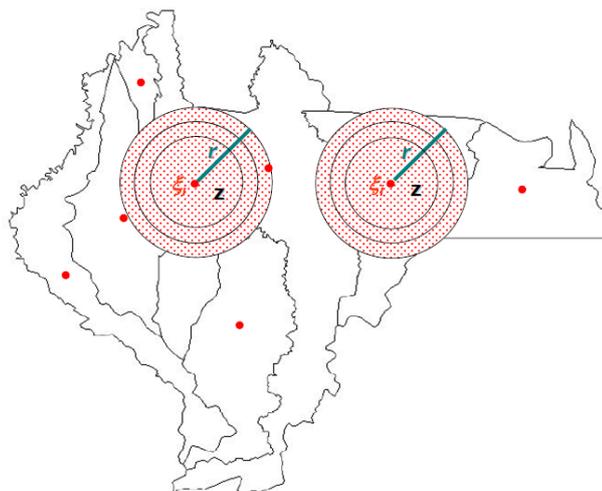


Figura 2. Exemplo hipotético do processo de rastreamento da estatística Scan.

Fonte: Balieiro (2008).

A detecção de conglomerados pode ser realizada de forma geral ou focada e de forma espacial, temporal ou espaço-temporal. A análise geral é realizada sem conhecimento da localização dos casos estudado, enquanto a focada utiliza uma fonte suspeita para iniciar uma varredura, sendo adotada a hipótese nula para ambos os casos, ou seja, a de que não haja conglomerados na região avaliada (BALIEIRO, 2008).

Os conglomerados também são avaliados de forma espacial, temporal ou espaço-temporal. Para os puramente espaciais a análise é realizada levando em conta apenas o espaço geográfico; para análise temporais avalia-se o intervalo no qual estão contidos os dados e para a abordagens espaço-temporal são utilizadas as duas estruturas de dados, simultaneamente (KULLDORFF, 1997).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Objeto de estudo

Os dados para a identificação dos conglomerados e da concentração na oferta brasileira de bioeletricidade florestal foram obtidos no Banco de Informações de Geração (BIG) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em 06 de setembro de 2018. A quantidade de usinas e potência instalada (Mega Watts - MW) foram apresentados para biomassa florestal e fontes de nível 2, conforme a classificação da Tabela 3: carvão vegetal, gás de alto forno, lenha, licor negro e resíduos florestais.

Para a concentração industrial foi realizada a análise da quantidade de usinas e potência

instalada (MW), nas unidades federativas brasileiras e de potência instalada (MW) entre as usinas para bioeletricidade florestal e fontes de nível 2.

A estatística Scan foi realizada para o número de usinas e potência instalada (MW), da biomassa florestal e fontes nível 2. As características dos *clusters* encontrados foram o centroide da conglomeração, o raio R (km), o número de casos observados (Obs.) e esperados (Esp.) no interior do *cluster*, o risco relativo (RR), o valor do teste de verossimilhança (LLR) e a significância do *cluster* (p valor). As coordenadas geográficas foram adquiridas com base na localização das usinas, a partir do Google Maps®, sendo utilizadas zonas adjacentes para endereços não identificados. Para elaboração das figuras utilizou-se o QGIS 3.0.1®.

4.2 Medidas de concentração e desigualdade

As medidas de concentração e desigualdade são ferramentas capazes de avaliar a importância de uma empresa em uma estrutura econômica bem definida. Para mensuração da concentração utilizou-se a quantidade de usinas de bioeletricidade florestal e a potência instalada dos estados brasileiros da biomassa florestal. Também, foi avaliado a concentração da potência instalada ofertada (biomassa florestal e fontes de nível 2) pelas empresas.

Segundo Mohammed et al. (2015), não existe uma medida capaz de analisar todos os aspectos de um setor devido a sua complexidade; assim as medidas devem ser utilizadas conjuntamente. Os indicadores utilizados foram a Razão de Concentração, o Índice Herfindahl-Hirschman, a Entropia de Theil e o Índice de Gini.

4.2.1 Razão de Concentração

A Razão de Concentração [$CR(k)$] se estabelece a partir da ordenação decrescente da k ($k = 1, 2, \dots, n$) participação da variável em estudo, conforme equação 1 desenvolvida por Bain (1959).

$$CR(k) = \sum_{i=1}^k S_i \quad (1)$$

em que, S_i = participação i das usinas ou potência instalada de bioeletricidade florestal nas unidades da federação (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2.

Foi calculado a concentração dos quatro maiores [$CR(4)$] e oito maiores [$CR(8)$] estados e, ou, usinas de bioeletricidade (florestal e fontes de nível 2), classificando-os de acordo Bain (1959), conforme apresentado na Tabela 4. Também, foi avaliado o estado ou usina principal [$CR(1)$].

Tabela 4. Classificação do grau de concentração do indicador de Razão Concentração [$CR(k)$].

Nível de concentração	Quatro maiores	Oito Maiores
Muito Alto	$75\% < CR(4)$	$90\% < CR(8)$
Alto	$65\% \leq CR(4) < 75\%$	$85\% \leq CR(8) < 90\%$
Moderadamente Alto	$50\% \leq CR(4) < 65\%$	$70\% \leq CR(8) < 85\%$
Moderadamente Baixo	$35\% \leq CR(4) < 50\%$	$45\% \leq CR(8) < 70\%$
Baixo	$CR(4) > 35\%$	$CR(8) > 45\%$

Fonte: Bain (1959).

4.2.2 Índice Herfindahl-Hirschman

O Índice Herfindahl-Hirschman (HHI) avalia a estrutura de mercado, com base na participação quadrado das usinas de bioeletricidade florestal (potência instalada) e, ou, das unidades federativas, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2. O HHI (equação 2) atribui um peso maior para as usinas ou unidades da federativas com uma parcela mais representativa (VARUM et al., 2016).

$$HHI = \sum_{i=1}^n S_i^2 \quad (2)$$

em que, S_i = participação i de usinas ou potência instalada de bioeletricidade florestal nas unidades da federação (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2; n = número de usinas ou unidades da federação, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2.

O HHI varia entre 1 e $1/n$ (limite inferior), sendo $1/n$ indica que todas as usinas ou estados possuem mesma participação (concorrência perfeita) na estrutura de mercado e 1 mostra condição de monopólio. Resende (1994) propôs o HHI ajustado (HHI') para avaliações comparativas intertemporais, conforme equação 3, implicando em variação entre 0 e 1 para o HHI' . Para valores de $HHI' < 0,10$ para um mercado atomizado, $0,10 \leq HHI' \leq 0,15$ existência de mercado não concentrado, de $0,15 \leq HHI' \leq 0,25$ classifica como moderadamente concentrado e $HHI' > 0,25$ têm-se alta concentração.

$$HHI' = \frac{1}{n-1}(n * HHI - 1); n > 1 \quad (3)$$

4.2.3 Índice de Entropia de Theil

O índice de Entropia de Theil (E), proposto por Theil (1967), foi desenvolvido com base na teoria da informação e utilizado em diversas áreas para análise de estruturas de mercado. Segundo Resende (1994), o E (equação 4) pode ser considerada uma medida de concentração inversa.

$$E = \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (4)$$

em que, S_i = participação i das usinas ou potência instalada de bioeletricidade florestal nas unidades da federação (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2; n = número de usinas ou unidades da federação, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2.

A E varia entre 0 e $\ln(n)$, sendo 0 para condições de monopólio e $\ln(n)$ para um mercado homogêneo. Analogamente ao HHI , Resende e Boff (2002), sugeriram um ajuste na Entropia (E'), equação 5, para ajustar os intervalos de $E' = 0$ para concentração máxima e $E' = 1$ para concentração mínima.

$$E' = -\frac{1}{\ln(n)} \sum_{i=1}^n S_i \ln(S_i) \quad (5)$$

4.2.4 Índice de Gini

O Índice de Gini (G), proposto por Gini (2012), na sua origem foi uma medida para verificar desigualdade social, com base na renda populacional. Atualmente, o G (equação 6) vem sendo aplicado em diferentes áreas do conhecimento e pode ser utilizado para medir a desigualdade da oferta de geração de eletricidade a partir da biomassa por número de fontes e unidades da federação.

$$G = 1 - \frac{\left[\sum_{i=1}^n (S_{ij} + S_i) \right]}{n} \quad (6)$$

em que, S_{ij} = participação cumulativa i das usinas ou potência instalada de bioeletricidade florestal nas unidades da federação (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2; S_i = participação i das usinas ou potência instalada de bioeletricidade florestal nas unidades da federação (quantidade e potência instalada) e da potência instalada das empresas, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2; n = número de usinas ou unidades da federação, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2. n = número de usinas ou unidades da federação, em termos de biomassa florestal e fontes de nível 2.

O G pode ser classificado como de desigualdade nula a fraca (0,000-0,250), desigualdade fraca a média (0,251 – 0,500), desigualdade média a forte (0,501 – 0,700), desigualdade forte a muito forte (0,701 – 0,900) e desigualdade muito forte a absoluta (0,900 – 1,000).

4.3 Estatística Scan

Segundo Kulldorff et al. (1998), o método da estatística Scan se conota por uma janela geográfica circular ou cilíndrica, localizada em diferentes coordenadas, cujo raio varia de zero a um limite especificado pelo pesquisador. Para cada círculo, o número de eventos ocorridos dentro e fora dele são anotados, juntamente com o número esperados de casos refletindo a população local.

A metodologia avalia conglomerados espaciais, temporais ou espaço temporais. A análise pode ser realizada com varreduras para identificação de altos, baixos ou ambos níveis de concentração. No software do SatScanTM as informações de *clusters* são avaliadas na forma de intervalo para análises temporais, círculos ou elipses para análises espaciais ou um cilindro com base circular ou elíptica para avaliações espaço temporais (KULLDORFF, 2015).

Para a análise de contagem dos dados, utilizou uma análise puramente espacial, para o ano de 2018, identificando os conglomerados de alta concentração (*clusters*) na oferta brasileira de bioeletricidade, com base na distribuição de Poisson (KULLDORFF, 2015).

4.3.1 Teste de Verossimilhança

Segundo Ferreira (2009), a distribuição de Poisson ocorre naturalmente para contagem de casos em determinado evento, seja ele em um intervalo temporal, em uma superfície ou em

um dado volume. Assim, torna-se necessário verificar se o número de usinas ou potência instalada de biomassa florestal apresentam maior significância em determinadas áreas.

A região total de estudo foi dividida em sub-regiões, onde uma zona z proporciona um conjunto de dados conectados em uma grande região. Dentro da zona analisada existe uma população n_z e um número de casos associados C_z com chance p para que haja uma ocorrência nesta área. A estatística Scan realiza a sobreposição de círculos aleatórios que partem dos centroides das sub-regiões de estudo, sobre os possíveis conglomerados espaciais.

O método é capaz de avaliar a probabilidade de haver casos no interior dos círculos $p(z)$ e casos fora deles $q(z)$ afim de que seja maximizada a função de verossimilhança (PEREIRA et al., 2014; LUCENA & MORAES, 2012). Para análises puramente espaciais sob uso da distribuição de Poisson o cálculo da verossimilhança pode ser obtido a partir da Equação 7 (FERREIRA et al., 2018).

$$L(z, \hat{p}(z), \hat{q}(z)) = \frac{e^{[-p(z)n_z - q(z)(M - n_z)]}}{C!} p(z)^{C_z} q(z)^{C - C_z} \prod_i C_i \quad (7)$$

em que, M a população total e C o número total de casos. Para identificação do *cluster* com maior chance de não ter ocorrido ao acaso deve-se realizar esta razão maximizada sobre todas as zonas. Tendo em vista o crescimento rápido dos valores associados ao modelo de verossimilhança normal, utilizou logaritmo sabendo que são funções crescentes (equação 8).

$$T = \max_z LLR(z) \quad (8)$$

Os valores calculados de T têm sua significância testada por simulações de Monte Carlo. O tamanho máximo para as janelas circulares adotadas neste trabalho foi associado a 25% da população sob risco (MOURA, 2006; LUCENA & MORAIS, 2012; KULLDORFF, 1997).

4.3.2 Teste de Monte Carlo

O teste de hipótese de Monte Carlo foi proposto pela primeira vez por Dwass (1957). Na simulação de Monte Carlo, para o Estatística Scan, há a criação de conjuntos de dados independentes, porém com a mesma quantidade de casos do conjunto base. Estes dados são distribuídos aleatoriamente dentre todas as sub-regiões de acordo com a hipótese nula (H_0). Para cada conjunto realiza-se o cálculo de T (MOURA, 2006).

O *p valor* foi encontrado através do teste de hipótese de Monte Carlo, o teste compara o ranking dos testes de verossimilhanças reais com os aleatórios, sendo o ranking R , o *p valor* é dado pela equação 9.

$$pvalor = \frac{R}{(1 + \#replicações)} \quad (9)$$

Um baixo número de replicações escolhidas para o teste de Monte Carlo não torna o teste tendencioso, porém a quantidade de repetições afeta significativamente o poder do teste. Quanto maior o número de replicações maior será o poder associado a cada conjunto de dados. O software Sat Scan™ garante que o número mínimo de replicações seja 999 e sugere que sejam utilizadas 9999 para bases de dados pequenas ou médias. Nesta pesquisa foram utilizadas 9999 replicações para os conjuntos de dados. Para que um *cluster* seja considerado significativo o '*p valor*' obtido deve ser inferior a 0,05.

4.3.3 Risco Relativo

O risco relativo trata-se de um número não negativo que representa quantas vezes foi provável que uma usina seja encontrada em uma determinada área, comparando com uma linha base, o risco relativo consegue associar análises de diferentes setores ou áreas, retirando da análise o efeito associado as populações (MEDRONHO, 2004).

De acordo com Kulldorff (1997), o risco relativo (RR) pode ser estimado com base o número de casos observado no interior do cluster (c) e o número total de casos fornecido pelo pesquisador (C), de acordo com a equação 10.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / (E[C] - E[c])} \quad (10)$$

Tendo em vista que a análise está inteiramente associada ao número de casos fornecido, tem-se que ' $E[C]=C$ ', como apresentado na equação 11.

$$RR = \frac{c / E[c]}{(C - c) / C - E[c]} \quad (11)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 8 apresenta a distribuição espacial das usinas de bioeletricidade florestal, no Brasil, em 2018. Foram identificadas 99 usinas, sendo a região Sul a com maior número (32) e potência instalada (968,90 MW). O licor negro é a fonte mais importante, com 2542,26 MW de capacidade instalada. O Sudeste, segunda região para quantidade de usinas, destacou-se para a geração a partir do Gás de Alto Forno (9 usinas), em Minas Gerais.

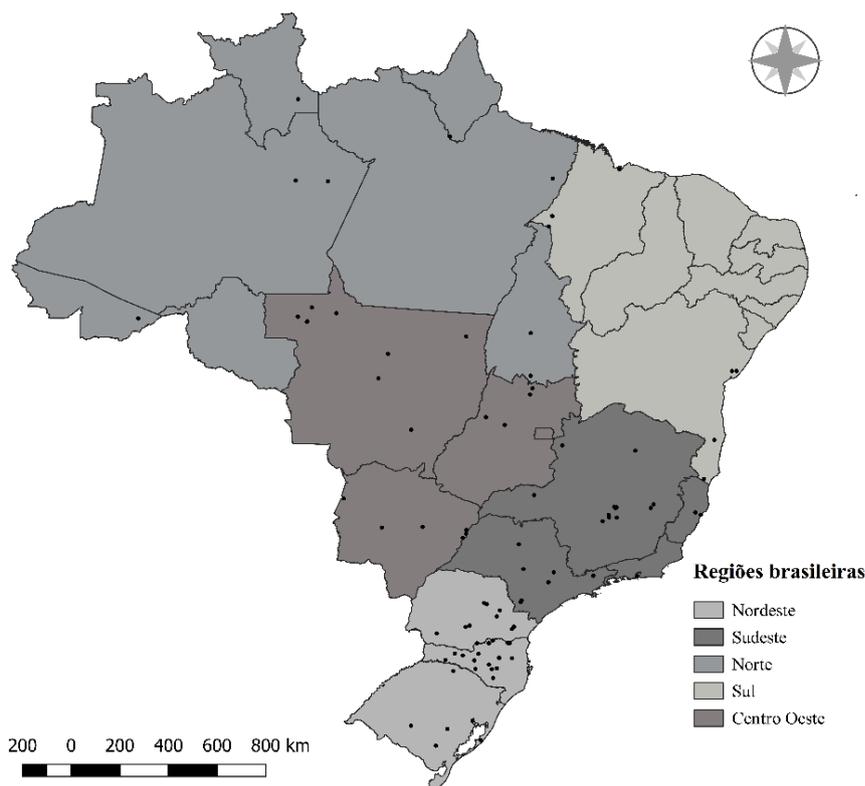


Figura 3. Distribuição espacial das usinas de bioeletricidade florestal, no Brasil, em 2018.

Fonte: ANEEL (2018).

A região Centro-Oeste, com 17 usinas e 768,60 MW instalados, apresentou ênfase para geração com licor negro, com destaque para o Mato Grosso do Sul. O Norte apresentou 12 usinas e totalizou 105,14 MW instalados. O Nordeste evidenciou alto potencial a partir do licor negro, no extremo sul da Bahia; a região contou com 9 usinas e 738,95 MW instalados.

A Tabela 5 apresenta o número e potência instalada (MW) de usinas, para biomassa florestal e fontes de nível 2, no Brasil, em 2018. Os resíduos florestais foram o nível de fonte 2 com maior número de usinas de bioeletricidade florestal (COUTO & MÜLLER, 2013). A região Sul foi responsável por 32,32%, seguida do Sudeste (29,29%), Centro-Oeste (17,17%), Norte (12,12%), e Nordeste (9,09%).

No Sul o maior número de usinas foi da biomassa de resíduos florestais (25 usinas), sendo o licor negro a segunda (6 usinas); valores justificados pelo elevado número de empresas de papel e celulose na região. Para a potência, a região apresentou a maior participação, com 30,32% do total. O licor negro apresentou-se como fonte de nível 2 mais importante, com 79,55% (770,77 MW) da oferta, seguida dos recursos florestais com 20,43% (197,98 MW).

Tabela 5. Distribuição regional do número e potência instalada (MW) de usinas, para biomassa florestal e fontes de nível 2, no Brasil, em 2018.

Regiões	Carvão Vegetal		GAF		Nível 2				Nível 1			
					Lenha		Licor Negro		Resíduos Florestais		Floresta	
	n°	Pot.	n°	Pot.	n°	Pot.	n°	Pot.	n°	Pot.		
Norte	-	-	-	-	1	11,50	1	55,00	10	38,64	12	105,14
Nordeste	3	25,20	1	2,40	-	-	4	694,56	1	16,79	9	738,95
Centro-Oeste	-	-	2	16,94	-	-	3	670,68	12	80,98	17	768,60
Sudeste	5	18,00	9	108,36	3	24,50	4	351,60	8	93,31	29	595,77
Sul	-	-	-	-	1	0,15	6	770,77	25	197,98	32	968,90
Brasil	8	43,20	12	127,71	5	36,15	18	2.542,26	56	427,70	99	3.177,22

Legenda: Pot. = potência instalada; GAF = Gás de Alto Forno.

Fonte: ANEEL (2018).

O Sudeste foi a segunda região com maior número de usinas (29). As de gás de alto forno apresentaram participação de 31,03% (9 usinas), seguido dos resíduos florestais com 27,59% (8 usinas), do carvão vegetal (17,24%) e do licor negro (13,79%). Com potência instalada de 595,77 MW (20,49%), destacou-se como única região a utilizar todas as fontes da biomassa florestal. O licor negro apresentou 351,60 MW (59,02%) instalados, sendo a principal fonte para a região; as demais foram o gás de alto forno (18,18%), os resíduos florestais (15,66%), a lenha (4,11%) e o carvão vegetal (3,02%).

O Nordeste contou com 9 usinas, sendo 3 de carvão vegetal, 4 de licor negro e 1 de resíduos florestais. Entretanto, foi a terceira região com maior capacidade instalada (738,95 MW) e participação de 25,41%. O licor negro com 694,56 MW (93,99%) foi a fonte de maior potência, seguido do carvão vegetal (3,41%), dos resíduos florestais (2,27%) e do gás de alto forno (0,33%).

A região Centro-Oeste apresentou 17 usinas, sendo 70,58% de resíduos florestais, 17,65% do licor negro e 11,77% do gás alto forno. A potência instalada foi de 768,60 MW (24,19%), sendo o licor negro a mais importante com 670,68 MW (87,26%), seguido dos resíduos florestais (10,54%) e gás de alto forno (2,20%). O Norte, com 12 usinas, apresentou o

menor potencial instalado do país, com 105,14 MW (3,62%), o licor negro, com apenas 1 usina, foi a fonte de oferta, 55,00 MW (52,31%), mostrando o elevado potencial energético do recurso.

A Tabela 6 apresenta a distribuição estadual do número e potência instalada (MW) de usinas, para biomassa florestal e fontes de nível 2, no Brasil, em 2018. O estado de Minas Gerais apresentou o maior número de usinas (18), correspondente a 18,36% do nacional, em seguida estiveram Santa Catarina (16,33%) e o Paraná (10,20%).

Tabela 6. Distribuição estadual do número e potência instalada (MW) de usinas, para biomassa florestal e fontes de nível 2, no Brasil, em 2018.

UF	CV		GAF		Nível 2				Nível 1			
	n°	Pot.	n°	Pot.	Lenha	Licor Negro	Resíduos Florestais	Floresta	n°	Pot.		
					n°	Pot.	n°	Pot.	n°	Pot.		
MS	-	-	2	16,94	-	-	3	670,68	1	6,00	6	693,62
PR	-	-	-	-	-	-	2	443,25	8	65,73	10	508,98
BA	-	-	-	-	-	-	3	439,73	1	16,79	4	456,51
MA	3	25,20	1	2,40	-	-	1	254,84	-	-	5	282,44
RS	-	-	-	-	1	0,15	1	250,99	4	19,80	6	270,81
MG	3	11,80	9	108,37	1	8,25	1	100,00	4	32,60	18	261,01
ES	1	3,50	-	-	-	-	1	210,40	-	-	2	213,9
SC	-	-	-	-	-	-	3	76,53	13	112,45	16	188,98
SP	-	-	-	-	2	16,25	2	41,20	4	60,72	8	118,16
PA	-	-	-	-	-	-	1	55,00	6	23,31	7	78,31
MT	-	-	-	-	-	-	-	-	9	66,98	9	66,97
TO	-	-	-	-	1	11,50	-	-	-	-	1	11,5
AM	-	-	-	-	-	-	-	-	2	9,03	2	9,027
GO	-	-	-	-	-	-	-	-	2	8,00	2	8
RR	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4,80	1	4,8
RJ	1	2,70	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2,7
AC	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1,50	1	1,5
AL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DF	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
PI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RN	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
RO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SE	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BR	8	43,20	12	127,71	5	36,15	18	2542,26	56	427,70	99	3177,22

Legenda: Pot. = potência instalada; CV = Carvão Vegetal; GAF = Gás de Alto Forno.

Fonte: ANEEL (2018).

O Mato Grosso do Sul (693,62 MW) destacou-se como o principal estado para oferta de bioeletricidade florestal, com 21,83% do potencial nacional. Sendo o Paraná, o segundo maior com 508,98 MW (16,02%) instalados. Em seguida destacaram-se a Bahia (14,37%) Maranhão (8,89%) e Rio Grande do Sul (8,52%).

Foram identificadas 8 usinas de carvão vegetal, distribuídas entre: Maranhão (37,50%), Minas Gerais (37,50%), Espírito Santo (12,5%) e Rio de Janeiro (12,5%). Para a potência instalada o Maranhão (58,33%) teve a maior participação. Com relação ao gás de alto forno, Minas Gerais apresentou o maior número de usinas (75,00%) e potência instalada (84,85%), seguido do Mato Grosso, com 2 usinas (16,67%) e 16,94 MW (13,26%). A oferta de bioeletricidade a partir da lenha foi a que apresentou menor número de usinas e potência dentre as fontes de nível 2, sendo São Paulo o estado de maior representação.

Houve oferta a partir do licor negro em dez estados brasileiros, sendo Mato Grosso do Sul (3 usinas), Bahia (3 usinas) e Santa Catarina (3 usinas) os de maior número de usinas, 16,67% cada. O Paraná, com 670,68 MW instalados (26,38%), foi o de maior participação; seguido do Paraná (17,44%) e da Bahia (17,29%).

Os resíduos florestais foram utilizados em 13 estados, sendo Santa Catarina, o de maior participação (23,21%), seguido do Mato Grosso (16,07%) e do Paraná (14,29%). A maior oferta registrou-se em Minas Gerais com 112,45 MW (26,29%); para este nível destacou-se o elevado potencial energético das 4 usinas instaladas em São Paulo, que somaram 60,72 MW (14,20%).

A distribuição das usinas no território nacional foi analisada com base os indicadores de concentração. A Tabela 7 apresenta os indicadores de concentração do número de usinas e potência instalada a partir da biomassa florestal, para os estados brasileiros, em 2018.

Para o número de usinas, o $CR(2)$ de 34,34% demonstrou elevada concentração nos estados de Minas Gerais e de Santa Catarina, com 18 e 16 usinas, respectivamente. A concentração deve-se à demanda combinada de eletricidade e calor útil das inúmeras indústrias de papel e celulose encontradas em Santa Catarina e ao uso do gás de alto forno nas indústrias siderúrgicas de Minas Gerais (SOARES et al., 2006; MELLO, 2015). De acordo com Bain (1959), a análise do $CR(4)$ e $CR(8)$ com valores respectivos de 54,08% e 80,61% classificou a oferta como de concentração moderadamente alta.

Com 17 estados participantes, o HHI' apresentou uma concentração baixa ou mercado atomizado (0,0462). O E' (0,8778) corroborou com a interpretação do HHI' , evidenciando um cenário pouco concentrado. O G por sua vez apresentou uma desigualdade média a forte (0,6399).

Tabela 7. Indicadores de concentração do número e potência instalada (MW) das usinas de bioeletricidade florestal, para os estados brasileiros, em 2018.

Índice	n°	Potência Instalada	Índice	n°	Potência Instalada
<i>CR(1)</i>	18,18%	21,83%	<i>LI</i>	0,0588	0,0625
<i>CR(2)</i>	34,34%	37,85%	<i>HHI'</i>	0,0462	0,0718
<i>CR(4)</i>	53,54%	61,11%	<i>E</i>	2,4830	2,2508
<i>CR(8)</i>	80,81%	90,53%	<i>LS</i>	2,8332	2,8332
<i>CR(20)</i>	100%	100%	<i>E'</i>	0,8778	0,7944
<i>HHI</i>	0,1023	0,1264	<i>G</i>	0,6399	0,6962

Legenda: *CR* = Razão de Concentração; *HHI* = Índice de Herfindahl-Hirschman ; *LI* = Limite Inferior; *HHI'* = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; *E* = Índice Entropia de Theil; *LS* = Limite Superior; *E'* = Índice Entropia de Theil ajustado; *G* = Índice de Gini.

Para a potência instalada o *CR(4)* apontou concentração moderadamente alta (61,11%) enquanto o *CR(8)* demonstrou concentração muito alta (90,53%). O *HHI* teve alta proximidade do *LI* apontando não haver concentração, o *HHI'* (0,0718) caracterizou um mercado não concentrado. A *E* (2,2508) apresentou alta proximidade do *LS* (2,8332) e colaborou com a inferência dada pelo *HHI*. O *G* inferiu uma desigualdade de média a forte.

A Tabela 8 apresenta os indicadores de concentração da potência instalada das usinas de bioeletricidade florestal, por nível de fonte 2, no Brasil, em 2018. O *CR(1)* apontou a maior concentração para as usinas de gás de alto forno, sendo a Usiminas 2, do estado de Minas Gerais, a de maior participação com 49,45% (63,15 MW instalados). Entre as fontes nível 2, a oferta a partir dos resíduos florestais apresentou menor valor, 12,50% para Ripasa, de Limeira – SP. Para o nível florestal o *CR(1)* quantificou 10,39%, sendo a Klabin Celulose a principal usina de bioeletricidade florestal do país.

O *CR(1)* apontou a maior concentração para as usinas de gás de alto forno, sendo a Usiminas 2, do estado de Minas Gerais, a de maior participação com 49,45% e 63,155 MW instalados. Entre as fontes nível 2, a oferta a partir dos resíduos florestais apresentou menor valor, 12,50% para Ripasa, de Limeira – SP. Para o nível florestal o *CR(1)* quantificou 10,39%, sendo a Klabin Celulose a principal usina de bioeletricidade florestal do país.

De acordo com Bain (1959), para o *CR(4)* as usinas de lenha apresentaram a maior concentração, com 99,96%, porém foram identificadas apenas 5 usinas, atribuindo menor relevância a medida parcial. Em seguida apresentou-se o nível de gás de alto forno com concentração muito alta (78,90%), Os resíduos florestais tiveram a menor concentração (33,66%) e classificação moderadamente baixa e as usinas participantes foram: Ripasa (SP), Rigesa (SC), Iguazu (SC) e Lages (SC), representaram o *CR(4)*.

Tabela 8. Indicadores de concentração da potência instalada das usinas de bioeletricidade florestal, por nível de fonte 2, no Brasil, em 2018.

Indicador	Nível 2					Nível 1
	CV	GAF	Lenha	Licor Negro	Res. Florestais	Floresta
<i>CR(1)</i>	23,15 %	49,45 %	36,37 %	12,98%	12,50 %	10,39 %
<i>CR(4)</i>	69,90 %	78,90 %	99,96 %	43,48%	34,98 %	34,79 %
<i>CR(8)</i>	100 %	94,05 %	100 %	75,95%	61,10 %	60,78 %
<i>HHI</i>	0,1540	0,2844	0,2944	0,0830	0,0482	0,0546
<i>LI</i>	0,1429	0,0909	0,2500	0,0588	0,0182	0,0102
<i>HHI'</i>	0,0332	0,2194	0,1180	0,0291	0,0309	0,0449
<i>E</i>	1,9625	1,7496	1,2863	2,6045	3,4095	3,3415
<i>LS</i>	2,0794	2,4849	1,6094	2,8904	4,0254	4,5951
<i>E'</i>	0,9438	0,7041	0,7992	0,9011	0,8470	0,7272
<i>G</i>	0,4482	0,6799	0,3917	0,6166	0,7679	0,8731
<i>N°</i>	8	12	5	18	56	99

Legenda: CV = Carvão Vegetal; GAF = Gás de Alto Forno; Res. Florestais = Resíduos Florestais; *CR* = Razão de Concentração; *HHI* = Índice de Herfindahl-Hirschman; *LI* = Limite Inferior; *HHI'* = Índice de Herfindahl-Hirschman ajustado; *E* = Entropia de Theil; *LS* = Limite Superior; *E'* = Entropia de Theil ajustada; *G* = Índice de Gini; Gás de A.F. = Gás de Alto Forno; Res Florestais = Resíduos Florestais.

A oferta de bioeletricidade a partir do carvão vegetal foi classificada como muito alta, com *CR(4)* de 69,90%. Para o licor negro identificou uma concentração moderadamente baixa (43,48%). Para o nível florestal total foi registrado *CR(4)* de 34,79%, classificado como de concentração baixa, as usinas foram: Klabim Celulose (PR), Fibria MS II (MS), Suzano Maranhão (MA) e a CMPC (RS), todas estas utilizaram o licor negro para geração de bioeletricidade.

O *CR(8)* das usinas de lenha e carvão vegetal apresentaram valor máximo, dado o pequeno número de empreendimentos. Para o gás de alto forno, a participação foi de 94,05%, classificando-se como de contração muito alta, para este nível foram identificadas 12 usinas. Para os subníveis a menor concentração ocorreu na oferta a partir dos resíduos florestais, com *CR(8)* de 52,28% e concentração moderadamente baixa; somaram-se ao *CR(4)* as usinas: a Cargill Uberlândia (MG), Floraplac (PA), F&S Agri Solutions (MT) e a ERB Candeias (BA). As usinas de licor negro teve concentração moderadamente alta, tendo em vista o baixo número de participantes.

Para o nível florestal o *CR(8)* de 60,78% apontou concentração moderadamente baixa. As usinas Eldorado Brasil (MS), Suzano Mucuri (BA), Aracruz (ES) e Fribria MS (MS), assim como as apresentadas para o *CR(4)* utilizaram o licor negro, destacando o alto potência energético do combustível.

A análise do *HHI* e *LI* apontou as usinas de lenha, licor negro e resíduos florestais como as de menor concentração, destacando-se a pequena diferença dos valores de *HHI* e *LI* para lenha (0,0090). A maior concentração registrou-se para o nível do gás de alto forno. Para o nível florestal a diferença foi de 0,0449, mostrando elevada proximidade ao limite inferior e apontando baixa concentração. O *HHI'* colaborou com a análise apresentando as usinas de licor negro como as de menor concentração, com valor de 0,0291 a oferta foi classificada como atomizada, de acordo com Rezende e Boff (2002). Destacaram-se ainda as usinas de resíduos florestais e carvão vegetal. O maior *HHI'* foi de 0,2194 para as usinas de gás de alto forno, evidenciando concentração moderadamente alta. O *HHI'* do nível florestal foi de 0,0449 e demonstrou uma oferta distribuída.

A Entropia (*E*) apresentou proximidade de seu limite superior (*LS*) para todos os níveis estudados, destacando-se usinas de carvão vegetal e licor negro com diferenças de -0,1169 e -0,2859, respectivamente. Para a biomassa florestal os valores de *E* (3,3415) e *LS* (4,5951) apresentaram boa proximidade caracterizando baixa concentração. A *E'* apontou a oferta a partir do carvão vegetal (0,9438), do licor negro (0,9011) e dos resíduos florestais (0,8470), como competitiva. A maior concentração foi observada para as usinas de gás de alto forno, com *E'* de 0,7041.

O índice de desigualdade de Gini (*G*) apresentou a maior divergência entre os indicadores, para a biomassa florestal (0,8731) foi apontada desigualdade forte a muito forte. O nível de carvão vegetal (0,4482) e lenha (0,6799) obtiveram os menores valores de *G*, sendo classificados como de desigualdade fraca a média.

A Figura 9 apresenta os *clusters* do número e da potência instalada de usinas da bioeletricidade florestal, no Brasil, em 2018. Foram encontrados 4 *clusters* para o número de usinas, observou-se razoável distribuição de conglomerados entre as regiões, sendo o *cluster* da região Sul o de maior área de influência. Para potência instalada identificou-se 8 conglomerados, evidenciando o potencial da oferta de bioeletricidade florestal, embora tenham sido apresentadas poucas *clusters* da quantidade de usinas.

A Tabela 9 apresenta as características dos *clusters* do número e potência instalada (MW) de usinas de bioeletricidade florestal, no Brasil, em 2018. O *cluster* 1 teve raio de 649,87 km e centroide no município de São Gabriel - RS, foram observadas 45 usinas, enquanto eram esperadas 24,5 e risco relativo de 2,53. O *cluster* englobou o Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, São Paulo e a porção sul do Mato Grosso do Sul. Os demais não apresentaram significância, com base nos *p* valores encontrados. Deve-se destacar o *cluster* 3, de raio 815,67

km e centrado em Açailândia – MA, com 9 usinas, pelo elevado número de indústrias siderúrgicas, apresentado por Mancini e Carneiro (2015).

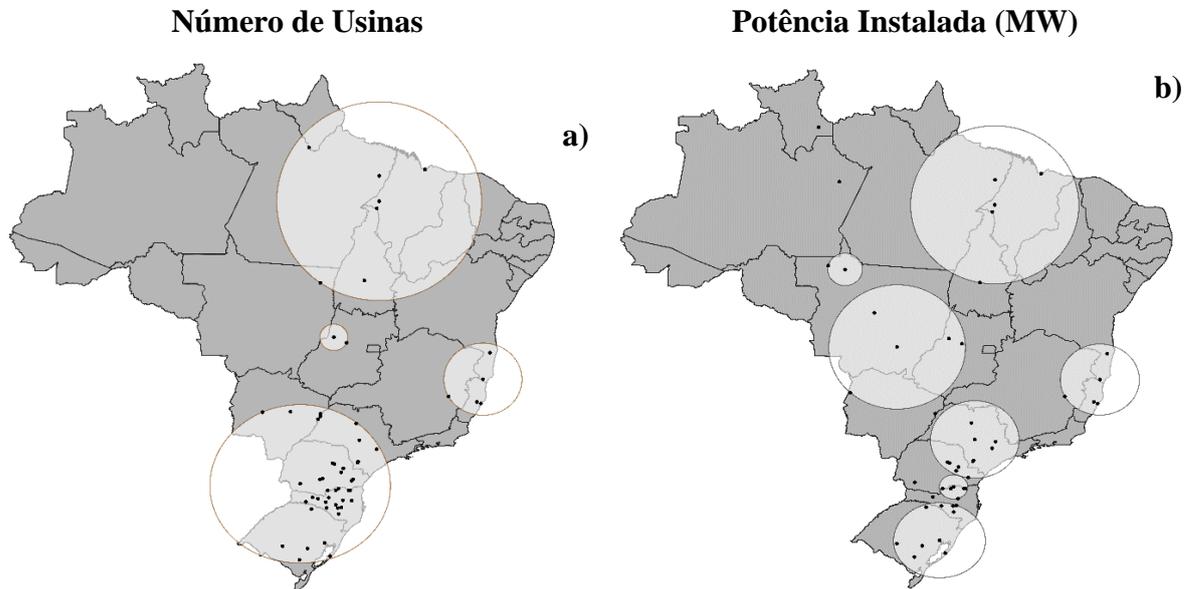


Figura 4. Clusters do número e potência instalada de usinas da bioeletricidade florestal, no Brasil, em 2018.

Dos conglomerados de potência instalada, três estiveram centrados na região Sul. O *cluster 1* teve centroide no município de Mucuri – BA e raio de 296,81 km, este englobou o sul do estado da Bahia e porções de Minas Gerais e do Espírito Santo. Sob a área foi observado 645,03 MW (22,19% da oferta nacional). O *cluster* apresentou alta probabilidade de ser um conglomerado real, a partir do LLR de 707921,35. O *cluster 2* centralizado no município de Guaíba - RS, com raio de 313,91 km e LLR de 371171,91, apresentou-se sobre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Foram observados 373,54 MW instalados e risco relativo de 6,60. Centrado em Lençóis Paulistas – SP, o *cluster 3* foi o único centrado na região Sudeste, apresentou raio de 323,35 km, risco relativo de 4,02, potência observada de 574,19 MW e esperada de 165,42 MW.

O *cluster 4* centrado em Açailândia - MA, apresentou LLR de 345,69, raio de 982,04 km e potência observada de 1.148 MW. Destacou-se o potencial energético tendo em vista que o *cluster 3* para número de usinas, esteve localizado na mesma área (Pará, Tocantins, Maranhão e Piauí) e não apresentou significância.

A Figura 10 apresenta distribuição de *clusters* do número e potência instalada (MW) das usinas de bioeletricidade florestal, por nível de fonte 2, no Brasil, em 2018. A Figura 10.a,

evidenciou conglomerados para usinas de carvão vegetal, apenas na região Sudeste e sul da Bahia. A Figura 10.b apresentou elevada influência do carvão vegetal para a potência instalada nas regiões Norte e Nordeste, destacando-se o estado do Maranhão. A Figura 10.c apresentou dois *clusters* para o número de usinas de gás de alto forno, com conglomerações no extremo oeste da região Centro – Oeste e sobre a região Nordeste. Para a potência instalada, apresentada na Figura 10.d, não foi registrado nenhum *cluster*.

Tabela 9. Características dos clusters das usinas e da potência instalada (MW) de bioeletricidade florestal, no Brasil, em 2018.

	Cluster	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
Nº de Usinas	1	São Gabriel - RS	649,87	45	24,57	2,53	9,90	0,0013
	2	Mucuri - BA	296,81	5	0,71	7,34	5,55	0,1073
	3	Açailândia - MA	815,67	9	3,41	2,80	3,30	0,6517
	4	Araguapaz - GO	108,09	2	0,43	4,76	1,53	0,9965
Pot. Instalada	1	Mucuri - BA	296,81	645,03	10,02	7,83	707921,35	< 0,0001
	2	Guaíba - RS	313,91	373,54	62,85	6,60	371171,91	< 0,0001
	3	Lençóis Paulistas -SP	323,35	574,19	165,42	4,02	334998,64	< 0,0001
	4	Açailândia - MA	661,16	313,94	57,27	5,97	288373,67	< 0,0001
	5	Três Barras - SC	100,91	62,15	11,66	5,42	53926,00	< 0,0001
	6	Primavera do Leste - MT	519,84	41,06	11,48	3,61	22878,20	< 0,0001
	7	Vargem Bonita - SC	0,10	14,7	4,57	3,23	7068,64	< 0,0001
	8	Nova Bandeirantes - MT	134,92	5	1,56	3,21	2385,18	< 0,0001

Legenda: R = raio; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo.

Para a lenha foi encontrado apenas um *cluster* para quantidade de usinas, Figura 10.e e um para potência instalada, Figura 10.f, localizado na porção Sul do país. Para o licor negro foram apresentados dois *clusters* do número de usinas, Figura 10.g, o primeiro entre o Nordeste e Sudeste, justificado pelo polo industrial de papel e celulose no sul da Bahia e o segundo englobando todos os estados da região Sul do país, onde foram encontradas 35,3% das usinas de licor negro.

A Figura 10.h mostra os *clusters* para oferta a partir do licor negro, os quais apresentaram a mesma localização dos encontrados para a quantidade de usinas. Na Figura 10.i que apresenta os *clusters* de número de usinas para nível de resíduos florestais, observou-se a existência de *clusters* sobre a região Centro – Oeste, Sudeste e Sul. Para a potência instalada, Figura 10.j, os clusters mostraram-se com boa proximidade aos de número de usinas.

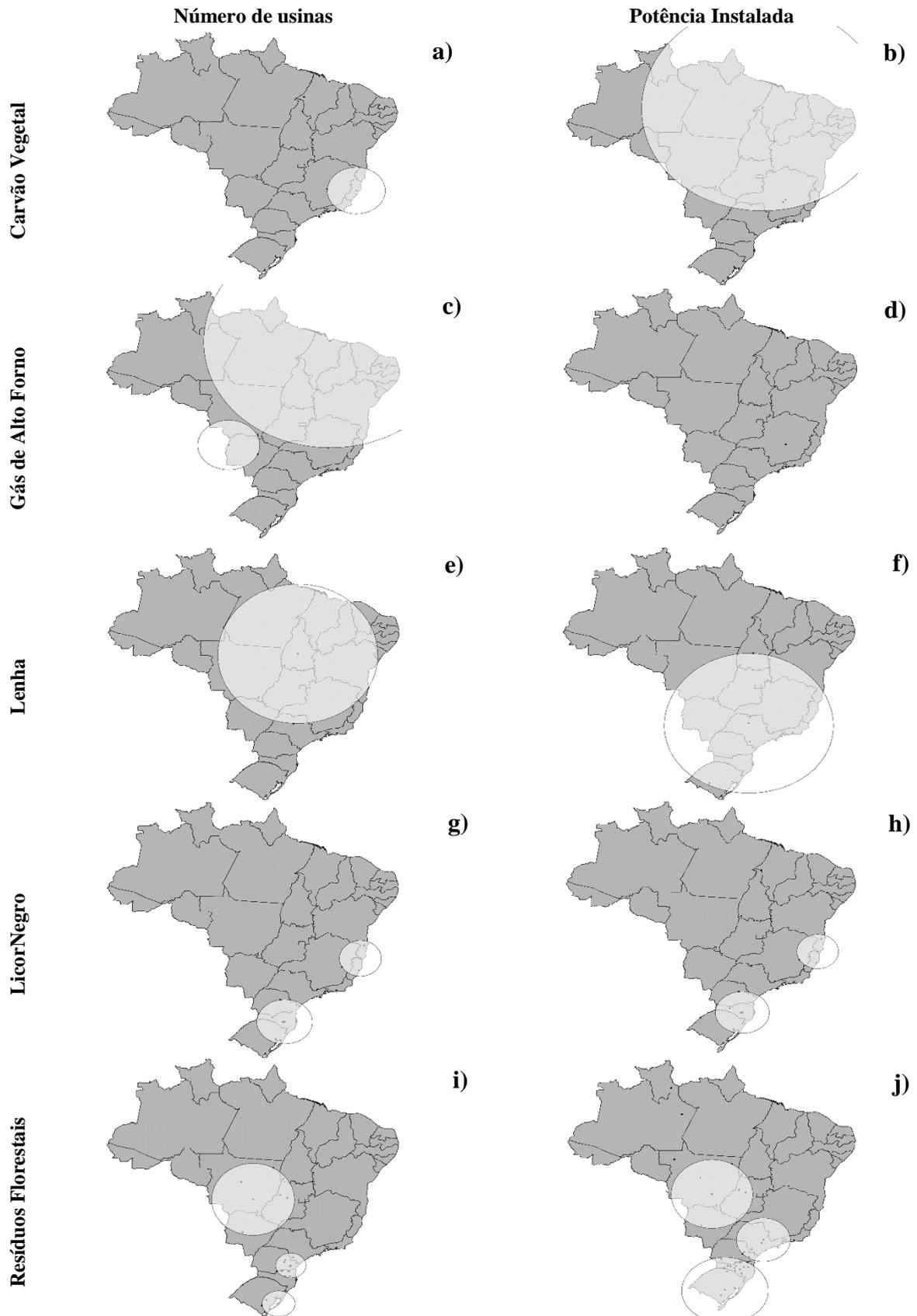


Figura 5. Distribuição de clusters do número e potência instalada (MW) das usinas de bioeletricidade florestal, por nível de fonte 2, no Brasil, em 2018.

A Tabela 10 apresenta as características dos clusters do número de usinas de bioeletricidade florestal, por nível de fontes 2, no Brasil, em 2018. De acordo com o *p valor*, apenas o *cluster* para o carvão vegetal, localizado em Açailândia – MA, apresentou significância estatística, com raio de 1,15 km e 3 usinas observadas.

Embora os demais conglomerados possam ter ocorrido ao acaso, destacaram-se os conglomerados para o licor negro, o *cluster* 1 centrado em Mucuri – BA, com raio de 296,81 km e 4 usinas observadas e o *cluster* 2 centrado em Otacílio Costa- SC com raio de 368,54 km e 6 usinas. Para os resíduos florestais o *cluster* 1, centrado na cidade de Primavera do Leste – MT, apresentou o maior valor de LLR (4,38), com 595,24 km, 6 usinas observadas e risco relativo de 4,73. O *cluster* 2 centrado em Curitiba – PR foi o que apresentou maior número de observações com 12 usinas, contrapondo as 5,7 esperadas, o risco relativo foi de 2,41.

Tabela 10. Características dos clusters do número de usinas de bioeletricidade florestal, por nível de fontes 2, no Brasil, em 2018.

	Cluster	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
CV	1	Açailândia - MA	1,15	3	0,42	10,70	3,79	0,025
	2	João Neiva - ES	409,35	2	0,28	9,08	2,40	0,097
GAF	1	Corumbá - MS	436,41	2	0,43	5,44	1,63	0,321
	2	José de Ribamar -MA	1876,78	2	1,28	1,68	0,20	0,994
Le	1	Porto Nacional - TO	1175,03	2	0,71	4,00	0,99	0,333
LN	1	Mucuri - BA	296,81	4	1,14	4,21	2,41	0,256
	2	Otacílio Costa - SC	368,54	6	2,57	3,00	2,07	0,415
RF	1	Primavera do Leste - MT	595,24	6	1,39	4,73	4,38	0,179
	2	Curitiba - PR	204,67	12	5,70	2,41	3,05	0,521
	3	Mostardas - RS	211,76	3	0,62	5,09	2,42	0,707

Legenda: CV = Carvão Vegetal; GAF = Gás de Alto Forno; Le = Lenha; LN = Licor Negro; RF = Resíduos Florestais; R = raio; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo.

A Tabela 11 apresenta as características dos *clusters* de potência instalada (MW) nas usinas de bioeletricidade florestal, por níveis de fonte 2, no Brasil, em 2018. Para o carvão vegetal foi identificado apenas um *cluster*, centrado em Açailândia – MA, este apresentou raio de 1815,56 km e LLR de 82476,04, englobando porções das regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e toda a região Nordeste, o alto valor do raio pode ser justificado pela elevada oferta de bioeletricidade a partir do carvão vegetal em seus extremos, Maranhão e Minas Gerais. Foi observado oferta de 40,50 MW (93,76% do total a partir do carvão vegetal) e risco relativo de 131,46.

Tabela 11. Características dos clusters de potência instalada (MW) nas usinas de bioeletricidade florestal, por níveis de fonte 2, no Brasil, em 2018.

	Cluster	Centroide	R (km)	Obs.	Esp.	RR	LLR	p valor
CV	1	Açailândia - MA	1815,56	40,50	4,42	131,46	82476,04	< 0,001
GAF	-	-	-	-	-	-	-	-
Le	1	Itajobi - SP	1175,03	27,76	2,74	263,36	61005,45	< 0,001
LN	1	Mucuri - BA	296,81	641,52	247,48	3,13	252959,46	< 0,001
	2	Otacílio Costa - RS	359,80	440,77	183,02	2,70	144271,36	< 0,001
RF	1	Encruzilhada do Sul - RS	564,78	154,25	24,91	9,12	175353,89	< 0,001
	2	Americana - SP	376,18	76,69	3,79	24,43	164365,07	< 0,001
	3	Primavera do Leste - MT	595,24	34,26	24,21	15,30	60165,22	< 0,001

Legenda: CV = Carvão Vegetal; GAF = Gás de Alto Forno; Le = Lenha; LN = Licor Negro; RF = Resíduos Florestais; R = raio; LLR = teste de verossimilhança (LLR); Obs. = casos observados; Esp. = casos esperados; RR = risco relativo.

Para o gás de alto forno não foram encontrados *clusters*. A oferta a partir da lenha apresentou apenas o *cluster 1*, com centroide em Itajobi – SP, raio de 1175,03 km e o maior risco relativo identificado, entre fontes de nível 2 (263). Foi observada potência instalada de 27,76 MW, enquanto esperava-se apenas 2,74 MW. Para o licor negro foram encontrados dois *clusters*, o primeiro centrado em Mucuri – BA, com raio de 296,81 km e LLR de 252959,46, onde foi observado 641,52 MW, maior potencial registrado entre as fontes, que pode ser justificado pelo elevado número de indústrias de papel e celulose (MATOS e VALENÇA, 1999). O *cluster 2*, apresentou centroide no município de Otacílio Costa – RS e raio de 359,80 km, foram observados 440,77 MW, enquanto esperava-se 183,02 MW, o risco relativo foi de 2,70.

O maior número de conglomerados foram para os resíduos florestais (3). O *cluster 1*, centralizado em Encruzilhada do Sul – RS, apresentou raio de 564,78 km, englobando Santa Catarina, Rio Grande do Sul e a porção sul de Curitiba, o LLR foi de 175353,89, mostrando elevada tendência ao *cluster* ser real. Foi observada potência instalada de 154,25 MW e risco relativo de 9,12. A identificação do conglomerado esteve associada aos dados apresentados na Tabela 5. O *cluster 2* apresentou raio de 376,18 km, centrado em Americana - SP, com oferta de 76,69 MW. O *cluster 3* apresentou centroide no município de Primavera do Leste – MT e raio de 595,24 km, a potência instalada foi de 34,26 MW e risco relativo de 15,30.

6 CONCLUSÃO

Com base nos resultados obtidos concluiu-se que:

A região Sul detém o maior número e potência instalada de usinas da bioeletricidade florestal no Brasil. Com relação aos estados, Santa Catarina possui o maior número de usinas enquanto que Mato Grosso do Sul, a maior potência instalada. Dentre os produtos florestais utilizados na geração de bioeletricidade, em potência instalada, está o licor negro das indústrias de papel e celulose e os resíduos florestais vinculados, principalmente, às serrarias.

A concentração estadual do número de usinas e de potência instalada possui uma concentração moderadamente alta para o $CR(k)$, indica uma estrutura de mercado oligopolista concentrado à esquerda. Mas, para os índices sumários (HHI e E) infere que mercado é não concentrado.

Para a potência instalada das usinas da biomassa florestal apresenta concentração moderadamente baixa. Entre as fontes de nível 2, a maior concentração é das usinas de gás de alto forno e a menor das firmas de resíduos florestais.

Houve 4 *clusters* para o número de usinas da biomassa florestal no Brasil, apenas um significativo situado na região Sul. Para a potência instalada são 7 *clusters* e destaca-se os encontrados na região sudeste e o sul da Bahia e Espírito Santo e na região Sul, proporcionado pela indústria de papel e celulose. Para o número de usinas das fontes nível 2, apenas o centrado em Açailândia – MA, para o carvão vegetal, apresentou significância estatística, porém para a potência instalada foram observados sete *clusters*, sendo os associados ao licor negro os de maior representatividade.

Este estudo mostrou a oferta brasileira de bioeletricidade florestal, destacando sua organização industrial e o envolvimento da questão espacial nos modelos, voltado para orientação e desenvolvimento de políticas públicas.

7 REFERÊNCIAS

ABREU Y. V.; OLIVEIRA M. A. G.; GUERRA S. M. G. Energia, sociedade e meio ambiente. Málaga, Espanha: **Eumed.Net**, Universidade de Malaga, 2010.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil** / Agência Nacional de Energia Elétrica. – Brasília, 2002.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **Banco de Informações de Geração**. Disponível em:

<<http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.cfm>>.

Acesso em: 05 set. 2018.

ALMEIDA, F. A. Concentração Industrial: Uma análise à luz do setor de transformação mineiro. In: 5º ENCONTRO CIENTÍFICO SUL MINEIRO DE ADMINISTRAÇÃO, CONTABILIDADE E ECONOMIA. **Anais...** Itajuba, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS - ABRAF. **Anuário Estatístico da ABRAF**: ano base 2008/ ABRAF. – Brasília, 2009.

BAIN, J. **Industrial Organization**. New York: J. Wiley, 1959. 274 p.

BALIEIRO, A. A. S. **Detecção de conglomerados dos alertas de desmatamento do Amazonas usando Estatística de varredura espaço-temporal**. 2008. 87f. Dissertação (mestrado em Estatística Aplicada e Biometria). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 2008.

BATISTA, A. A. M. **Utilização do gás de alto-forno para produção de energia na indústria siderúrgica de Minas Gerais**. 2009. Dissertação (Mestrado em Sustentabilidade Socioeconômica e Ambiental), Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

BERGER, P. G.; MINNIS, M.; SUTHERLAND, A. Commercial lending concentration and bank expertise: Evidence from borrower financial statements. **Journal of Accounting and Economics**, v. 64, n. 2-3, p. 253-277, 2017.

BESANKO, D.; BRAEUTIGAM, R. R. **Microeconomia**: Uma abordagem completa. 1ª ed. Rio de Janeiro: LTC, jan. 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030** / Ministério de Minas e Energia; colaboração Empresa de Pesquisa Energética. _ Brasília: MME: EPE, 2007.

BRITO J. O. O uso energético da madeira. **Estudos Avançados**, v. 21, n. 59, 2007

CARDOSO, B. M. **Uso da Biomassa como Alternativa Energética**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2012.

CARVALHO, M.S.; SANTOS, R. S. Análise de dados espaciais em saúde pública: métodos, problemas, perspectivas. **Cadernos de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v. 21, n. 2, p. 361-378, mar-abr, 2005

CASAGRANDE JUNIOR, E. F.; SILVA, M. C.; CASSILHA A. C.; PODLASEK, C. L.; MENGATTO, S. N. F. Indústria moveleira e resíduos sólidos: considerações para o equilíbrio ambiental. **Revista Educação & Tecnologia**, Curitiba, v.8, p. 209 – 228, 2004.

CHALVATZIS, K. J.; IOANNIDIS, A. Energy supply security in the EU: Benchmarking

- diversity and dependence of primary energy. **Applied Energy**, v. 207, p. 465-476, 2017.
- COASE, R. H. The nature of the firm. *Economica*, New Series, London, v.4, n. 16, p. 386-405, 1937.
- COELHO JUNIOR, L. M.; SELVATTI, T. S.; ALENCAR, F. V.; SANTOS JÚNIOR, E. P.; BORGES, L. A. C. ; REZENDE, J. L. P. Global concentration of pulp exports. **Floresta** (UFPR. IMPRESSO), v. 48, p. 443-452, 2018.
- COUTO, L.; MÜLLER, M. D. Produção de florestas energéticas. In: Santos, F. (Org). **Bioenergia e Biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécies florestais**. Viçosa, MG, p. 298-319. 2013.
- CORTEZ, L. A. B.; LORA, E. E. S.; GÓMEZ, E. O. **Biomassa para energia**. Campinas, SP: Ed. Unicamp, 2008.
- DINKELBACH, L. **Thermochemical Conversion of Willow from Short Rotation Forestry**. ECNC--00-028 REGROW Guide, Energy research Centre of the Netherlands – ECN, Petten, the Netherlands. Fev, 2000.
- DUCZMAL, L. H.; CANÇADO, A. L. F.; TAKAHASHI, R. H. C.; FERREIRA NETO, S. J. ; MOURA, F. R. ; DUARTE, A. R. ; TAVARES, R. Multi-Objective Spatial Scans for Disease Cluster Detection. In: INTERNATIONAL WORKSHOP IN APPLIED PROBABILITY, 2008, Compiègne. Proceedings of the International, 2008.
- DWASS, M. Modified randomization tests for nonparametric hypotheses. **Annals of Mathematical Statistics**, v. 28, p 181-187, 1957.
- EMPRESA, DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço energético nacional 2016: ano base 2015. **Rio de Janeiro: EPE**, 2016.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional 2017: Ano base 2016 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2017.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Balanço Energético Nacional 2018: Ano base 2017 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2018.
- FEIJO, C. A.; CARVALHO, P. G. M.; RODRIGUEZ, M. S. Concentração Industrial e Produtividade do Trabalho na Indústria de Transformação nos anos 90: evidências empíricas. **EconomiA**, Niterói, v. 4, n. 1, p. 19-52, jan./jun. 2003.
- FERREIRA, F.H.G.; LEITE, P. G.; LITCHFIELD, J. A. The rise and fall of Brazilian inequality: 1981–2004. **Macroeconomic Dynamics**, v. 12, n. S2, p. 199-230, 2007.
- FERREIRA, D. F. **Estatística básica**. Lavras, MG: Ed. UFLA, 2009
- FERREIRA, L. M.; SÁFADI, T.; LIMA, R. R. Técnicas da estatística espacial na análise de

- dados de áreas no estudo da dengue. **Revista Univap**, v. 24, n. 44, p. 13-27, 2018.
- FILGUEIRAS, G. C.; CAIRES, M. D. S. L.; CARVALHO, A. C.; ARAÚJO, A. C. D. S.; CARVALHO, A. V. Desenvolvimento local sustentável através da produção concentrada de madeira em tora no estado do Pará. **Revista Agroecossistemas**, v. 9, n. 2, p. 102-129, 2018.
- FOELKEL, C. Gestão Ecoeficiente dos Resíduos Florestais Lenhosos da Eucaliptocultura. **Eucalyptus Online Book & Newsletter**, 2007. Disponível em: <http://www.eucalyptus.com.br/capitulos/PT07_residuoslenhosos.pdf>. Acesso em: 05 mar. 2018.
- FONSECA, M. G. D. A indústria de papel e celulose no Brasil: um estudo sobre competitividade e meio ambiente. **Informações econômicas governo do estado de São Paulo instituto de economia agrícola**. v. 25, p. 11-32, 1995.
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO Stat. **FAO Statistics Division**. 2017. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/>>. Acesso em: 20 abr. 2018.
- FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Inventário de resíduos sólidos industriais e minerários: ano base 2009**. Belo Horizonte: FEAM, 2010. 105p.
- GARCIA, R. Economias externas e vantagens competitivas dos produtores em sistemas locais de produção: as visões de Marshall, Krugman e Porter. **Ensaio FEE**, Porto Alegre, v. 27, n. 2, p. 301-324, out. 2006
- GEORGE, K.; JOLL C. **Organização industrial: crescimento e mudança estrutural**. Rio de Janeiro: Zahar, 1983.
- GINI, C. Variabilità e mutabilità (1912). In: PIZETTI, E.; SALVEMINI, T. (Ed.). **Reprinted in memorie di metodologica statistica**. Rome: Libreria Eredi Virgilio Veschi, 1955.
- GOLDEMBERG, J. Atualidade e Perspectivas no Uso de Biomassa para Geração de Energia. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p 15-28, 2016.
- GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e meio ambiente no Brasil. **Estudos avançados**, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007. ISSN 0103-4014.
- GONÇALVES, J. E.; SARTORI, M. M. P.; LEÃO, A. L. Energia de briquetes produzidos com rejeitos de resíduos sólidos urbanos e madeira de *Eucalyptus grandis*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n.5, p.657–661, 2009.
- GRAUER, A.; KAWANO, M. Uso de Biomassa para Produção de Energia. **Boletim Informativo da Bolsa de Reciclagem**, v.1, n.5, 2001. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/energia/biomassa/vantagens_da_biomassa_na_produ

cao_de_energia.html >. Acesso em: 10 nov. 2015.

GUARDABASSI, P.M. **Sustentabilidade da biomassa como fonte de energia: perspectivas para países em desenvolvimento**. 2006. 123 f. Dissertação (Mestrado em Energia) – Instituto de Eletrotécnica e Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo: USP, 2006.

HALL, R. L.; HITCH C. J. Price theory and business behavior. **Economic Papers**, Oxford, v.2, n. 1, p. 12-45, 1939.

HALL, D. O. Biomass energy, **Energy Policy**, v. 19, n. 8, p. 711, 1991.

HEIMANN, J. P.; DRESCH A. R. Concentração das importações de carvão vegetal dos EUA e a participação brasileira. **Revista Acadêmica**, Ciências Agrárias Ambientais, Curitiba, v. 11, p. S139-S146, 2013.

HERFINDAHL, O. C. **Concentration in the Steel Industry**. 1950. 175 f. Thesis (Ph.D.) - Columbia University, New York, 1950.

HIGMAN, C.; van der BURGT, M. Gasification. Massachussets: **Elsevier**, p. 391, 2003.

HIRSCHMAN, A. O. **National power and the structure of foreign trade**. Berkley: University of California, 1945. 172 p.

HIRSCHMAN, A. O. The paternity of an index. **The American Economic Review**, Pittsburgh, v. 54, n. 5, p 761-762, Sept. 1964.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Technology Roadmap: Delivering Sustainable Bioenergy**. IEA Publications, nov 2017. Paris, França. Disponível em: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Technology_Roadmap_Delivering_Sustainable_Bioenergy.pdf>. Acesso em: 10 mar. 2018.

KAREKEZI, S.; KHENNAS, S.; NATU, S.; RAKOS, C. Status of Biomass Energy in Developing Countries and Prospects for International Collaboration. In: GFSE-5 ENHANCING INTERNATIONAL COOPERATION ON BIOMASS. **Background Paper**. Áustria, Mai. 2005.

KLASS, D. L. Biomass for renewable energy, fuels, and chemicals. 1ª ed. San Diego: Academic Press, 1998. 651 p.

KESHAV, S.; ROSENBERG, C. How internet concepts and technologies can help green and smarten the electrical grid. **ACM SIGCOMM Computer Communication Review**, v. 41, n. 1, p. 109-114, 2011.

KON, A. **Economia industrial**. São Paulo: Nobel, 1994.

KULLDORFF, M. **SaTScan Manual do Usuário** para versão 9.4 (Traduzido). 2015.

KULLDORFF, M. A. Spatial scan statistic. **Communications in Statistics: Theory and**

Methods, 1997, v. 26, p.1481-1496.

KULLDORFF, M. ATHAS, W., FEUER, E., MILLER, B., KEY, C. Evaluating cluster alarms: A space-time scan statistic and brain câncer in Los Alamos. **American Journal of Public Health**, v. 88, p. 1377-1380,1998.

KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Elsevier, 2013.

LEAL, M.R.L.V. Cana energia. In: CORTEZ, L. A. B. Bioetanol de Cana-de-Açúcar: P&D para a produtividade e sustentabilidade. São Paulo: Blucher, 2010. P. 751-760.

LEITE, A. L. S.; SANTANA, E. A. Índices de Concentração na indústria de papel e celulose. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 1998, Niterói. Anais... Niterói: UFF, 1998. 1 CD-ROM.

LUCENA, E. F.; MORAES, R. S. Detecção de agrupamentos espaço-temporais para identificação de áreas de risco de homicídios por arma branca em João Pessoa, PB. **Boletim de Ciências Geodésicas**, v. 18, n. 4, 2012.

LUFT, A.; ZILLI, J. B. Concentração de mercado: uma análise para a oferta de crédito pelo setor bancário brasileiro. **Revista Teoria e Evidência Econômica**, v. 19, n. 41, 2013.

MANCINI, R. M.; CARNEIRO, M. S. Desenvolvimento industrial e mercado de trabalho: contestação social e transformações recentes na produção siderúrgica na Amazônia Oriental. **Cad. CRH**, Salvador, v. 31, n. 83, p. 373-387, 2018 .

MARSHALL, A. (1920). **Princípios de economia**. São Paulo: Nova Cultural, 1984.

MASON, E. S. Price and production policies of large-scale enterprise. **The American Economic Review**, Nashville, v. 29, n.1, p. 61-74, 1939

MATOS, R. L. G.; VALENÇA, A. C. V. A reestruturação do setor de papel e celulose. **BNDES**, 1999.

MEDRONHO, R. A. **Epidemiologia**. 2 ed. [S.I.]: Ateneu, 2004.

MELLO, A. V. Siderurgia e biomassa: uma solução mais sustentável. **Opiniões**, Ribeirão Preto, ano 12, n. 38, p. 14-15, 2015.

MOHAMMED, N.; ISMAIL, A. G.; MUHAMMAD, J.; JALIL, S. A.; NOOR, Z. M. Market concentration of Malaysia's Islamic banking industry. **Jurnal Ekonomi Malaysia**, v. 49, n. 1, p. 3-14, 2015.

MOURA, F. R. **Detecção de clusters espaciais via algoritmo Scan multi-objetivo**. 2006. 51 f. Dissertação (Mestrado em Estatística) – Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais, 2006.

- NAUS, J. The distribution of the size of maximum cluster of points on the line. **Journal of the American Statistical Association**, n.60, p. 532-538, 1965.
- NOGAMI, O.; POSSAS, C. R. M. **Princípios de economia**. 7ª ed. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- NOGUEIRA, L. A. H; LORA, E. E. **Wood Energy: Principles and Applications**. Núcleo de Excelência em Geração Termoelétrica Distribuída – NEST, do Instituto de Engenharia Mecânica – IEM, Universidade Federal de Itajubá- UNIFEI, 2002. Disponível em: <http://www.nest.unifei.edu.br/portugues/pags/downloads/files/Capitulo_1F.pdf>. Acesso em: 12 out. 2016.
- PEREIRA, A, P. J. T.; MORAES, R. M.; VIANNA, R. P. T. Aplicação do método scan para a detecção de conglomerados espaciais dos acidentes de trânsito ocorridos em João Pessoa-PB. **Hygeia**, v. 10, n. 18, p. 82-97, 2014.
- POSSAS, M. L. **Estruturas de Mercado em Oligopólio: economia e planejamento**. 2ª ed. São Paulo: Hucitec, 1999. 191 p.
- POSSAS, M. L.; FAGUNDES, J.; PONDÉ, J. L.; SHUARTZ, L. F.; MELLO, M. T. L. Ensaio sobre economia e direito da concorrência. São Paulo: Singular, 2002. 238 p.
- PROBSTEIN, R. F.; HICKS, R. R. **Synthetic Fuels**. 2ª ed. New York: McGraw Hill Book Company, 1982, 490 p.
- REICHERT, A. G. Aplicação da Digestão Anaeróbia de Resíduos Sólidos Urbanos: Uma Revisão. In: 23º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...** Campo Grande, 2005.
- RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK. Renewable 2016. Global status report. for the 21st century 2016. Disponível em: <<http://www.ren21.net>>. Acesso em: 14 fev. 2018.
- RENEWABLE ENERGY POLICY NETWORK. Renewable 2017 Global status report. for the 21st century 2016. Disponível em: <<http://www.ren21.net>>. Acesso em: 14 de fev. 2018.
- RESENDE, M. Medidas de concentração industrial: uma resenha. **Revista Análise Econômica**, Porto Alegre, v. 12, n. 21, p. 24-33, jul./set. 1994.
- RESENDE, M.; BOFF, H. Concentração industrial. In: KUPFER, D.; HASENCLEVER, L. (Org.). **Economia industrial: fundamentos teóricos e práticas no Brasil**. Rio de Janeiro: Campus, 2002. p. 73-90.
- RIO GRANDE DO SUL. Secretaria de Minas e Energia. **Plano Energético do Rio Grande do Sul: 2016/2025**. SECRETARIA DE MINAS E ENERGIA- Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em: <<http://minasenergia.rs.gov.br/plano-energetico>>. Acesso em: 20 abr. 2018.

- RUMMER, R.; SEIXAS, F. Colheita de resíduos florestais para bioenergia nos EUA. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE COLHEITA E TRANSPORTE FLORESTAL, v. 8, 2007. Uberlândia, **Anais...** Uberlândia: SIF, 2007. p. 19-40.
- SANTOS, G. H. F.; NASCIMENTO, R. S.; ALVES, G. M. Biomassa como energia renovável no Brasil. **Revista Uningá Review**, v. 29, n. 2, p. 06-13, mar 2017.
- SELVATTI, T. S. **Concentração da produção e da exportação mundial de celulose e de Medium Density Fiberboard (MDF)**. 2015. 154 f. Dissertação (mestrado em Engenharia Florestal). Universidade Federal de Lavras: UFLA, 2015.
- SHELL. **Renewable energy**. Shell Briefing Service, n. 1, 1994.
- SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES FLORESTAIS. **Produção florestal**. 2016. Disponível: < <http://www.florestal.gov.br/snif/producao-florestal/producao>>. Acesso em: 05 nov. 2017
- SMANIOTTO, E. N.; ALVES, T. W. Concentração e poder de mercado no sistema bancário brasileiro: uma análise pós-Plano Real. **Perspectiva Econômica**, v. 12, n. 1, p. 29-41, 2016.
- SOARES, T. S.; CARNEIRO, A. D. C. O.; GONÇALVES, E. O.; LELLES, J. G. Uso da biomassa florestal na geração de energia. **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, v. 8, p. 1-9, 2006.
- TASSINARI, W. S. **Modelagem espacial, temporal e longitudinal: diferentes abordagens do estudo da leptospirose urbana**. 2009. 100f. Dissertação (Doutorado em Saúde Pública). Escola Nacional de Saúde Pública, Fundação Oswaldo Cruz, 2009.
- THEIL, H. **Economics and information theory**. Amsterdam: North-Holland, 1967. 488p.
- VARUM, C.; VALENTE, H. RESENDE, J.; PINHO, M.; SARMENTO, P.; JORGE, S. **Economia Industrial: Teoria e exercícios práticos**. 1ª ed. Lisboa: Sílabo, mai. 2016.
- VERINGA, H. J. **Advanced Techniques for Generation of Energy from Biomass and Waste, Energy research Centre of the Netherlands – ECN, Petten, Netherlands**, 2004. Disponível em: <https://www.ecn.nl/fileadmin/ecn/units/bio/Overig/pdf/Biomassa_voordelen.pdf> Acesso em: 16 mai. 2018.
- VIEIRA, N. N.; CANÇADO, A. L. F. Identificação de conglomerados espaciais de acidentes aéreos no Brasil. **Revista Conexão SIPAER**, v. 4, n. 2, p. 64-76, 2013.
- WIECHETECK, M. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos. **Sumário Executivo**, Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio às políticas públicas na área de Gestão e controle ambiental, Ministério Do Meio Ambiente, Curitiba, 2009.