

Informe Técnico

Série SI Energia:

Potencial Energético dos Resíduos Agropecuários



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Bento Costa Lima Leite de Albuquerque Junior

Secretária Executiva
Marisete Fátima Dadald Pereira

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
Reive Barros dos Santos

Secretário de Energia Elétrica

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**
Renata Beckert Isfer

**Secretária de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Maria José Gazzí Salum



Empresa de Pesquisa Energética

Empresa pública, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, instituída nos termos da Lei nº 10.847, de 15 de março de 2004, a EPE tem por finalidade prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético, tais como energia elétrica, petróleo e gás natural e seus derivados, carvão mineral, fontes energéticas renováveis e eficiência energética, dentre outras.

Presidente

Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais

Giovani Vitoria Machado

Diretor de Estudos de Energia Elétrica

Erik Eduardo Rego

Diretor de Estudos de Petróleo, Gás e Biocombustível

José Mauro Ferreira Coelho

Diretor de Gestão Corporativa

Álvaro Henrique Matias Pereira

URL: <http://www.epe.gov.br>

Sede

Esplanada dos Ministérios Bloco "U" - Ministério de Minas e Energia - Sala 744 - 7º andar - 70065-900 - Brasília - DF

Escritório Central

Av. Rio Branco, 01 - 11º Andar
20090-003 - Rio de Janeiro - RJ

Informe Técnico

Série SI Energia:

Potencial Energético dos Resíduos Agropecuários

Coordenação Geral
Giovani Vitoria Machado

Coordenação Executiva
Jeferson Borghetti Soares
Carla da Costa Lopes Achão

Coordenação Técnica
Luciano Basto Oliveira

Equipe Técnica
Bruno Maurício Rodrigues Crotman
Daniel Kühner Coelho
Luciano Basto Oliveira

Revisão
Maria Fernanda Bacile Pinheiro

Agradecimentos
Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação
Superintendência de Meio Ambiente

Nº EPE-DEA-IT-006/2019
23 de outubro de 2019

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
FIGURAS	2
TABELAS	2
1 INTRODUÇÃO.....	3
2 METODOLOGIA.....	5
2.1 O SIenergia.....	5
2.1.1 Base de Dados.....	6
Dados de Entrada.....	6
2.1.2 Modelagem Matemático-energética.....	8
Fator de Escala	9
2.1.3 Relatórios	9
3 RESULTADOS.....	10
3.1 Produção Agropecuária	10
3.2 Disponibilidade de Energéticos	11
3.3 Potencial de Combustíveis.....	13
4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS	15
5 CONCLUSÕES.....	17
6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	18

FIGURAS

Figura 1 - Ilustração simplificada das etapas contidas no Ciclo da Informação e no SIenergia.....	5
Figura 2 - Módulos Planejados para o SIenergia.....	6
Figura 3 - Evolução e resultados em 2017 da produção agrícola de lavouras permanentes e temporárias.....	6
Figura 4 - Participações ordenadas das lavouras temporárias em área colhida, quantidade produzida, e valor da produção, no Brasil, em 2017.....	7
Figura 5 - Evolução e resultados em 2017 do efetivo de rebanho (cabeças) da pecuária.....	8
Figura 6 - Modelagem matemático do potencial energético dos resíduos da agropecuária no SIenergia.....	9
Figura 7 – Produção Agrícola (t) por cultivo, espaço e intervalo de tempo selecionados, neste caso 2017.....	10
Figura 8 – Efetivo de Rebanho (cbç) por cultivo, espaço e intervalo de tempo selecionados, neste caso 2017.....	11
Figura 9 – Quantidade de energéticos disponíveis (t) por cultivo agropecuário, espaço e tempo selecionados, neste caso 2017.....	12
Figura 10 – Potencial de produção de biometano por cultivo e unidade espacial em 2017.....	14

TABELAS

Tabela 1 - Resultados de área colhida, quantidade produzida, e valor da produção das principais lavouras temporárias, no Brasil, em 2017.....	7
Tabela 2 - Resultados de efetivo de rebanho dos principais cultivos pecuários no Brasil, em 2017.....	8
Tabela 3 – Municípios com maior produção agrícola e rebanho pecuário, em 2017.	11
Tabela 4 – Produção de resíduos agrícola e disponibilidade de energéticos por município, em 2017.....	13

1 INTRODUÇÃO

O Brasil dispõe de uma área de cerca 8,5 milhões de km² ou 850 milhões de hectares, distribuídos em variadas condições climáticas, de relevo e tipo de solo bem diferentes, o que acarreta em distintas realidades também sob o aspecto agropecuário. Isso representa a posição no ranking mundial de 4º país em área cultivada e produção agrícolas no mundo e de 3º país em tamanho de rebanho. (FAO, 2019)

No setor agrícola, segundo dados da Produção Agrícola Municipal do Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA, do IBGE (2019), nos últimos anos, o cultivo de lavouras temporárias, com ciclos vegetativos curtos, vem aumentando sua participação na produção agrícola do país. Estas culturas de curta duração tradicionalmente produzem mais resíduos, cuja coleta pode se dar de forma mais simples e de baixo custo, que as de longo ciclo, ditas perenes. Além disso, o setor vem conquistando sucessivos aumentos de produtividades, que se refletem não somente nos produtos principais, mas em toda a biomassa fotossintetizada.

Já no setor pecuário, de modo geral, dados do SIDRA, do IBGE (2019), indicam uma tendência de intensificação dos cultivos, o que faz com que seus resíduos ou efluentes também estejam cada vez mais disponíveis a algum tipo de aproveitamento.

Dispostos aleatoriamente na natureza, esses resíduos e efluentes agropecuários podem gerar impactos ambientais de grande magnitude, como a poluição das águas e a poluição atmosférica. Esses impactos envolvem desde a degradação da qualidade da água devido ao excesso de matéria orgânica e o consequente aumento descontrolado de algas, provocado pelos nutrientes fósforo e nitrogênio contidos nos resíduos, até a emissão de metano (CH₄) na atmosfera, que é um dos gases responsáveis pelo aquecimento global, ou Efeito Estufa, que impacta muito mais no processo de aquecimento global do que o gás carbônico ou dióxido de carbono (CO₂).

Há, entretanto, formas de aproveitamento destes resíduos, ou coprodutos, tanto para fins não energéticos, como a alimentação animal, cobertura e proteção de solo e adubação orgânica, quanto para fins energéticos, seja na geração de calor e/ou eletricidade ou transformados em biocombustíveis, respectivamente através da combustão direta e da produção do biogás e do biometano.

Toda esta biomassa residual produzida anualmente pode ser convertida em aproximadamente 77 bilhões de m³ de biometano ou em 160 TWh de energia elétrica, potencial este que representa, em termos de energia, mais do que todo o diesel consumido no Brasil (~47 Mtep) ou do que a energia elétrica gerada na usina hidrelétrica de Itaipu (100 TWh).

Essas comparações mostram a relevância do tema e fundamentam o aprimoramento da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) em suas análises e estudos de cenários energéticos brasileiros. Diante disso, no desempenho desta tarefa para o caso da biomassa residual

foram publicadas notas técnicas, em 2014, sobre o potencial e economicidade, a partir de dados municipais, e, em 2015, sobre a previsão no longo prazo, com dados agregados no nível nacional.

Portanto, alinhado a seus objetivos, a partir de adoção de conceitos e tecnologias do autosserviço de Inteligência de Negócios, mais conhecido pelo termo em inglês *self-service BI*, e com bases de dados, processos, modelos, pessoal e relatórios dinâmicos mais integrados, o módulo de resíduos da agropecuário ou, simplesmente, Módulo Agropecuário do SIenergia foi desenvolvido para subsidiar estudos que avaliam o potencial energético dos resíduos da agropecuária mais específicos ou localizados, objeto de apresentação deste Informe.

2 METODOLOGIA

Nesta primeira etapa foi definido que o Sistema de Informação deve facilitar a atualização e a consulta dos dados de produção agropecuária integrados ao potencial energético de seus resíduos disponíveis, com base em municípios, e realizar consultas deste nível até o nacional, a partir do conceito e tecnologia de *selfservice BI*¹.

2.1 O SI Energia

SI Energia é o nome dado ao sistema de informação para energia da EPE (EPE, 2018). Trata-se de um sistema, modular, integrado e interativo, foi construído a partir de adoção de conceitos e tecnologias do *self-service BI*, e com bases de dados, processos, modelos, pessoal e relatórios dinâmicos mais integrados.

Considerando-se o ciclo da informação, o SI Energia é composto por três partes principais: Base de Dados, Modelos Matemático-energéticos e Relatórios Dinâmicos, que também representam etapas do Ciclo da Informação, como apresentado no esquema a seguir na Figura 1.

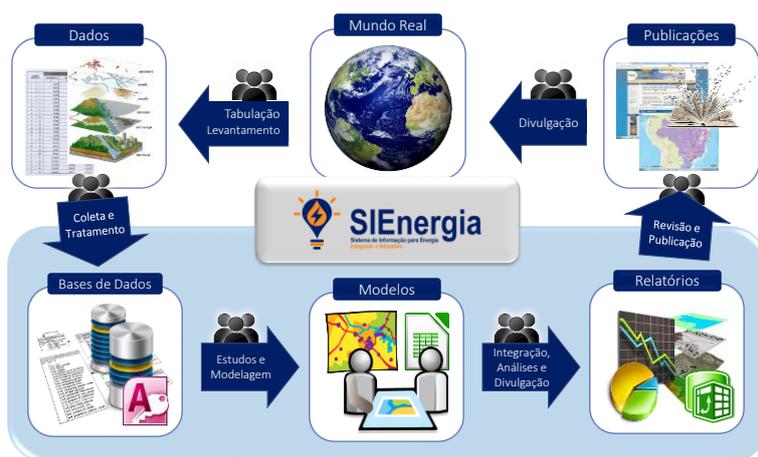


Figura 1 - Ilustração simplificada das etapas contidas no Ciclo da Informação e no SI Energia.

Fonte: Elaboração própria.

O SI Energia foi concebido para ser desenvolvido em módulos, sob as óticas da economia, oferta e demanda de energia, de forma a possibilitar futuramente a integração de suas análises. A Figura 2 apresenta alguns dos módulos planejados, com destaque para os já desenvolvidos.

¹ Self-service business intelligence (BI), ou, do português, inteligência de negócios de autoatendimento, é uma abordagem da análise de dados que permite aos usuários de negócios acessar e trabalhar com dados corporativos, mesmo que não tenham experiência em análise estatística, BI ou mineração de dados. As ferramentas de BI de autoatendimento permitem aos usuários filtrar, classificar, analisar e visualizar dados sem envolver as equipes de BI e TI da organização.



Figura 2 - Módulos Planejados para o SIenergia

Fonte: Elaboração própria.

2.1.1 Base de Dados

A Base de Dados (BD) do SIenergia é composta por um Modelo Relacional, implementada em Access, e um Modelo Dimensional, estruturada diretamente no Power BI, aonde são inseridos, após devido tratamento, dados coletados a partir de diversas fontes.

Dados de Entrada

Este módulo em especial trata de resíduos da agropecuária. Portanto, foram utilizados como insumos para as análises contidas neste trabalho os dados do setor agropecuário, em nível municipal, obtidos no SIDRA, do IBGE.

Apresenta-se nas próximas sessões os critérios e análises realizadas para a seleção dos cultivos agrícolas e pecuários a serem inseridas no sistema.

Seleção de Cultivos Agrícolas

A partir de dados históricos da quantidade produzida por lavouras temporárias e perenes no Brasil, do IBGE (2019), foram construídos gráficos que permitem depreender uma concentração cada vez maior de lavouras com característica temporárias, ou seja, cujo ciclo vegetativo se dá, em geral, em apenas um ano, requerendo o replantio da cultura no ano subsequente, conforme mostram o Figura 3.

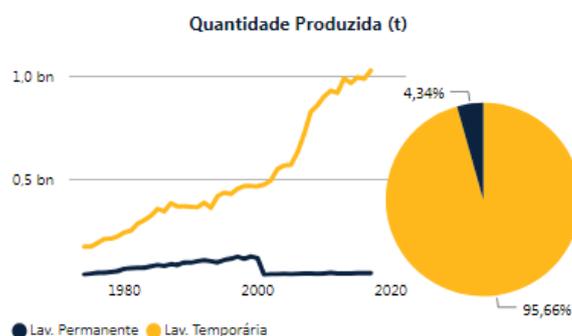


Figura 3 - Evolução e resultados em 2017 da produção agrícola de lavouras permanentes e temporárias.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.

A Tabela 1 e a Figura 4 apresentam resultados absolutos e relativos de área colhida, quantidade produzida, e valor da produção das principais lavouras temporárias, no Brasil, em 2017.

Tabela 1 - Resultados de área colhida, quantidade produzida, e valor da produção das principais lavouras temporárias, no Brasil, em 2017.

Produto_N1	Área E (ha)	AE (%)	QProdução (t)	QP (%)	VProd. (mil R\$)	VP (%)
Soja	33.936.223	45,7%	114.599.168	11,1%	112.163.330	40,9%
Milho	17.393.563	23,4%	97.721.860	9,5%	32.873.710	12,0%
Cana-de-açúcar	10.184.340	13,7%	758.548.292	73,7%	54.207.302	19,8%
Feijão	2.795.284	3,8%	3.033.017	0,3%	6.937.288	2,5%
Arroz	2.008.117	2,7%	12.469.516	1,2%	9.760.504	3,6%
Trigo	1.895.881	2,6%	4.323.551	0,4%	2.344.551	0,9%
Café	1.800.398	2,4%	2.680.515	0,3%	18.523.452	6,8%
Mandioca	1.314.851	1,8%	18.876.470	1,8%	11.190.868	4,1%
Algodão	927.987	1,2%	3.842.872	0,4%	8.422.335	3,1%
Cacau	590.813	0,8%	235.809	0,0%	1.686.447	0,6%
Castanha de caju	488.491	0,7%	133.465	0,0%	400.434	0,1%
Coco-da-baía	215.683	0,3%	1.561.961	0,2%	1.120.337	0,4%
Borracha	147.116	0,2%	318.947	0,0%	820.022	0,3%
Total	74.339.672	100,0%	1.028.561.901	100,0%	274.119.833	100,0%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.EPE, 2019.

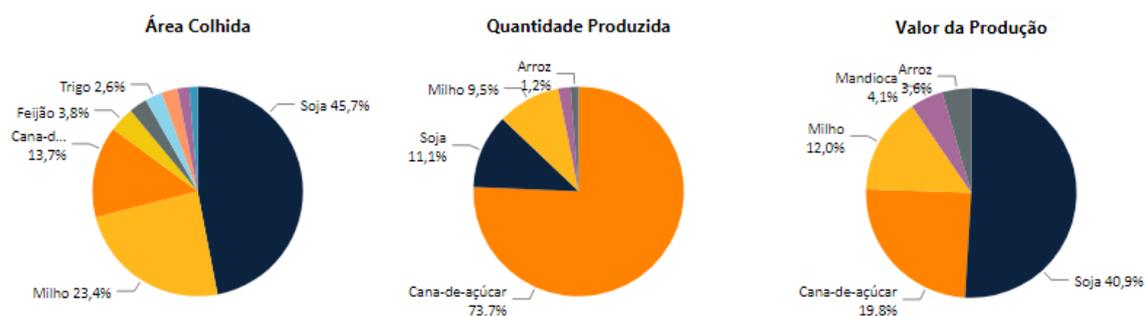


Figura 4 - Participações ordenadas das lavouras temporárias em área colhida, quantidade produzida, e valor da produção, no Brasil, em 2017

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.

Segundo estes dados do IBGE (2019), da produção agrícola de lavouras temporárias, no Brasil, em 2017, soja, milho e cana-de-açúcar se alternam entre os 3 principais cultivos referentes a área colhida, quantidade produzida e valor da produção, enquanto o trigo e o arroz também figuram entre as 6 principais em área colhida e quantidade produzida e entre as 11 principais em valor da produção. A participação destas cinco culturas temporárias nestas variáveis é de 88%, 96% e 77%, respectivamente.

Desta forma, a partir destas análises da evolução da produção agrícola definiu-se que, em nível municipal, o SIenergia receberia como insumo para suas modelagens matemático-energéticas os dados anuais históricos da produção agropecuária, em nível municipal de 5 cultivos: arroz, cana-de-açúcar, milho, soja e trigo.

Seleção de Cultivos Pecuários

Já no setor pecuário, de modo geral, há uma tendência de aumento relativo de cultivos mais intensivos, como as aves e suínos, em relação a cultivos mais extensivos, como

bovinos, sobretudo de corte, conforme pode ser observado na Figura 5, o que torna os resíduos da pecuária cada vez mais concentrados. Se, por um lado, isto significa que estes resíduos terão maior potencial de impacto poluidor, o que requer um tratamento adequado; por outro ressalta que estas biomassas estarão mais disponíveis ao aproveitamento.

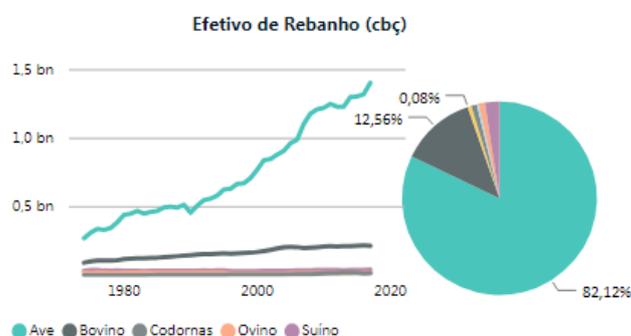


Figura 5 - Evolução e resultados em 2017 do efetivo de rebanho (cabeças) da pecuária.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.

Na produção pecuária, no Brasil, em 2017, aves, bovinos e suínos respondem por 97% do efetivo de rebanho total, intensivo ou extensivo, ou seja, número de animais criados como pode ser observado na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados de efetivo de rebanho dos principais cultivos pecuários no Brasil, em 2017.

Produto_N1	ER (cbç)	ER (%)
Ave	1.405.273.756	82,12%
Bovino	214.899.796	12,56%
Suíno	41.099.460	2,40%
Ovíno	17.976.367	1,05%
Codornas	15.473.981	0,90%
Caprino	9.592.079	0,56%
Equino	5.501.872	0,32%
Bubalino	1.381.395	0,08%
Total	1.711.198.706	100,00%

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.

Desta forma, a partir destas análises da evolução da produção pecuária definiu-se que, em nível municipal, o SIenergia receberia como insumo para suas modelagens matemático-energéticas os dados anuais históricos da produção agropecuária de 3 cultivos: ave, bovino e suíno, em nível municipal, do IBGE.

2.1.2 Modelagem Matemático-energética

A partir de dados da produção agropecuária e de índices técnicos sobre a produção de resíduos, tais como: o índice de produtividade do resíduo (IPR); o fator de coleta (F.Coleta), relativo ao percentual de retirada destes do solo sem causar danos agrônômicos; o fator de metanização (F.Metanização) e poderes caloríficos inferiores (PCI), como em EPE (2014a), são estimados os potenciais para aproveitamento energético destas biomassas residuais em nível de municípios, como mostra a Figura 6.

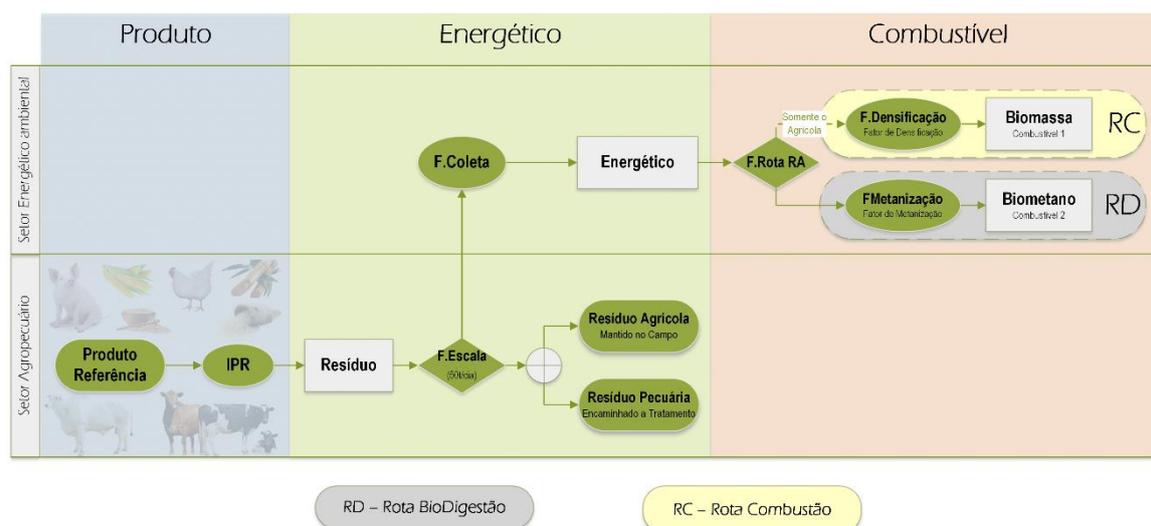


Figura 6 - Modelagem matemática do potencial energético dos resíduos da agropecuária no SI Energia.

Fonte: EPE, 2019a

O Fluxo energético projetado no SI Energia considera 3 dimensões:

- Produto – Esta dimensão se refere aos produtos de referências, dados primários do modelo;
- Energético - Esta dimensão se refere à biomassa propriamente dita, resíduos da agropecuária neste módulo, que servirá de insumo para os processos de conversão e geração de bioenergia; e
- Combustível – Dimensão que se refere a energia secundária, na forma de eletricidade ou combustíveis, que pode ser obtida a partir das rotas de conversão modeladas. Desconsidera, entretanto, perdas relativas a transporte, distribuição e uso final.

Fator de Escala

No SI Energia, complementarmente aos índices técnicos aplicados nas modelagens feitas em estudos anteriores da EPE, inseriu-se um fator de escala (F. Escala) que desconsidera, em nível municipal e por rotas, ofertas de energético inferiores a 50 toneladas por dia ou cerca de 18 mil toneladas por ano.

2.1.3 Relatórios

A última parte do SI Energia, chamada Relatórios, é a interface com o usuário.

No Módulo de Resíduos Agropecuários o Sistema está disponibilizado à sociedade pela internet, através do site da EPE, para consultas e utilização dos dados históricos de produção agropecuária e do potencial energético dos resíduos da agropecuária, através dos seguintes relatórios interativos e intuitivos: SI Energia, Fluxo, Modelagem, Cultivos, Produção, Energéticos e Combustíveis, objeto de apresentação do capítulo 3 desta nota técnica.

3 RESULTADOS

A seguir são apresentados alguns dos resultados obtidos e reportados pelo SI Energia, em 3 dos seus principais relatórios.

3.1 Produção Agropecuária

A Figura 7 e a Figura 8, parte do relatório Produção do SI Energia, apresentam, através de gráficos e mapas, informações tratadas da produção agrícola e pecuária, respectivamente, do IBGE, por ano ou intervalo de anos selecionados, neste caso 2017, por cultivo ou espacialmente, por região, unidade federativa ou microrregião; além de apresentar um quadro resumo que com resultados do contexto selecionado nos filtros do relatório.

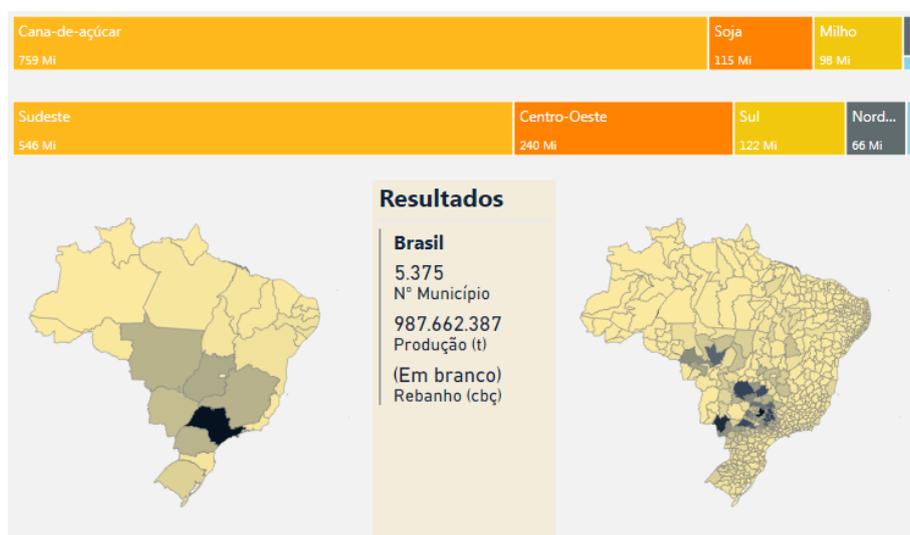


Figura 7 – Produção Agrícola (t) por cultivo, espaço e intervalo de tempo selecionados, neste caso 2017.

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.

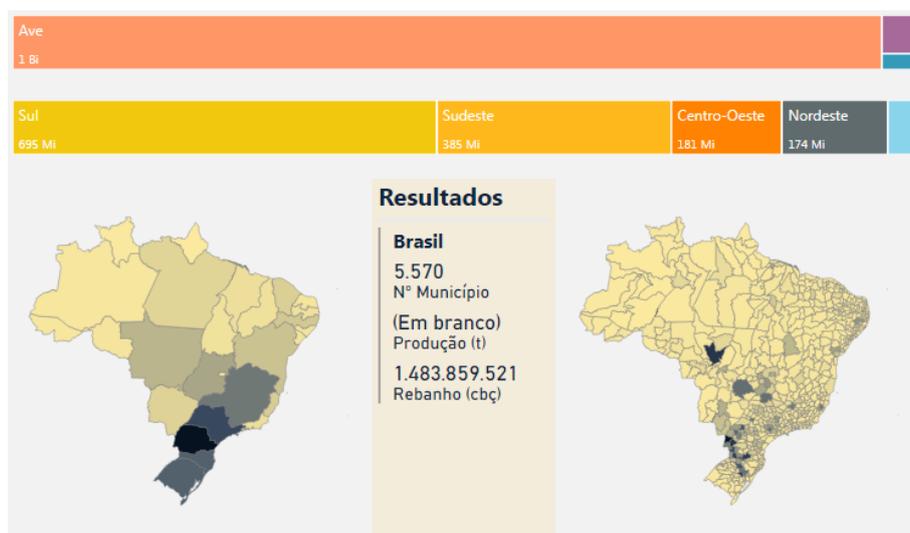


Figura 8 – Efetivo de Rebanho (cbç) por cultivo, espaço e intervalo de tempo selecionados, neste caso 2017. Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019. Podemos observar que em ambos os subsetores, agrícola e pecuário, há maior concentração da atividade produtiva na região centro-sul.

O SIenergia permite ainda que sejam obtidas informações em nível municipal e hierarquizados. A Tabela 3 apresenta duas listas com os municípios brasileiros com maior produção agrícola e rebanho pecuário, em 2017.

Tabela 3 – Municípios com maior produção agrícola e rebanho pecuário, em 2017.

Município	Produção (t)	Município	Rebanho (cbç)
Rio Brillhante	8.460.083	Santa Maria de Jetibá	18.138.896
Morro Agudo	8.177.999	Bastos	14.723.359
Uberaba	7.431.660	Nova Mutum	14.146.560
Quirinópolis	6.280.008	Rio Verde	13.811.000
Nova Alvorada do Sul	6.047.981	Uberlândia	13.612.000
Sorriso	6.029.316	Sorriso	12.898.414
Barretos	5.927.755	Cianorte	11.514.463
Guaira	5.588.678	Cascavel	11.381.455
Jataí	5.446.440	Brasília	10.712.743
Campo Novo do Parecis	5.227.906	São Bento do Una	10.179.933
Frutal	5.134.272	Toledo	10.135.094
Jaboticabal	4.911.760	São Sebastião do Oeste	9.651.520
Goiatuba	4.694.367	Buriti Alegre	9.169.100
Rio Verde	4.494.262	Santa Isabel do Pará	8.545.510
Araraquara	4.489.840	Sidrolândia	8.240.889
Rancharia	4.354.419	Pará de Minas	8.101.800
Ponta Porã	4.275.461	Botucatu	7.404.400
Altair	4.243.818	Dois Vizinhos	7.038.700
Valparaíso	4.213.254	Ralotina	7.008.493
Total	987.662.387	Total	1.483.859.521

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados do IBGE, 2019.

3.2 Disponibilidade de Energéticos

Este relatório apresenta dados do setor agropecuário relativos à produção de resíduos e à disponibilidade de energéticos, que, neste modelo, podem ser resumidos no termo biomassa.

Na ótica do Balanço Energético Nacional (BEN), EPE (2019b), podemos entender a dimensão Energéticos, apresentada neste relatório, como a energia primária², ou simplesmente biomassa.

A Figura 9, parte do relatório Energéticos do SIenergia, apresenta a quantidade de energéticos disponíveis (t) por cultivo ou espacialmente, por região, unidade federativa ou microrregião; além de apresentar um quadro resumo com resultados do contexto selecionado nos filtros do relatório.

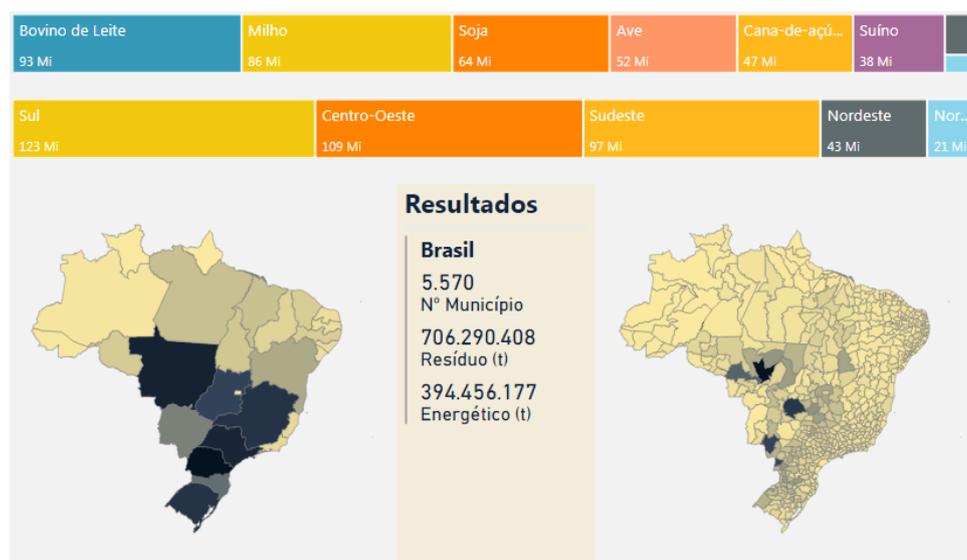


Figura 9 – Quantidade de energéticos disponíveis (t) por cultivo agropecuário, espaço e tempo selecionados, neste caso 2017.

Fonte: EPE, 2019a.

Reproduzindo o que fora observado na dimensão Produto, observa-se que a quantidade de energéticos disponível na agropecuária é maior na região centro-sul.

A Tabela 4 apresenta, por município, a quantidade de resíduos ofertada e a quantidade de energéticos potencial na agricultura e na pecuária, em 2017.

² Produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, como petróleo, gás natural, carvão mineral, resíduos vegetais e animais, energia solar, eólica etc. (EPE, 2018a)

Tabela 4 – Produção de resíduos agrícola e disponibilidade de energéticos por município, em 2017.

Setor	Agrícola		Pecuário	
Município	Resíduo (t)	Energético (t)	Resíduo (t)	Energético (t)
Abadia de Goiás	1.252	422	9.086	9.086
Abadia dos Dourados	35.594	13.638	72.641	72.641
Abadiânia	66.250	25.447	66.065	66.065
Abaeté	12.899	5.471	78.510	78.510
Abaetetuba	1.109	493	14.108	14.108
Abaiara	10.917	4.852	16.142	16.142
Abaira	1.432	637	3.144	3.144
Abaré	438	194	3.196	3.196
Abatiá	9.547	4.237	16.991	16.991
Abdon Batista	51.953	21.007	11.091	11.091
Abel Figueiredo	4.139	1.812	34.624	34.624
Abelardo Luz	424.332	154.880	136.498	136.498
Abre Campo	2.804	1.246	62.855	62.855
Abreu e Lima			6.339	6.339
Abreulândia	60.045	23.049	25.381	25.381
Acaiaca	588	261	11.760	11.760
Açailândia	188.317	69.588	258.512	258.512
Acajutiba	256	158	4.817	4.817
Total	523.344.964	211.510.733	182.945.444	182.945.444

Fonte: EPE, 2019a.

3.3 Potencial de Combustíveis

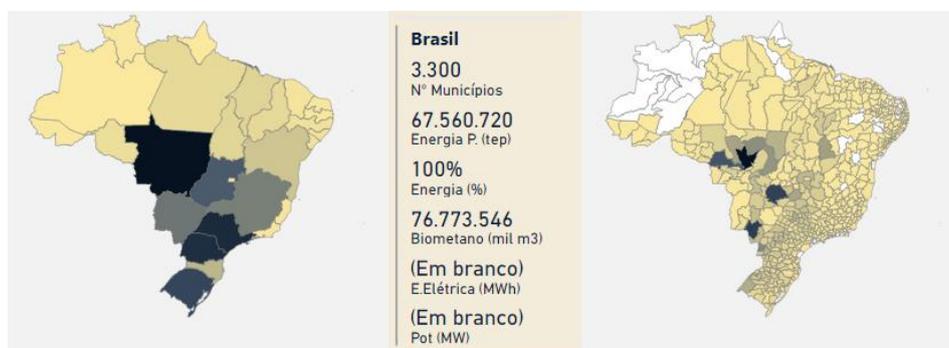
O Potencial de Combustíveis é apresentado no relatório “Combustíveis”, onde é possível obter informações sobre os potenciais de oferta de energia primária e de produção de biometano ou de geração elétrica através das rotas modeladas de biodigestão ou combustão.

É importante destacar que foi assumido, na modelagem do SI Energia, que os resíduos agrícolas poderiam ser convertidos em eletricidade ou combustível por combustão ou biodigestão, respectivamente, enquanto que os resíduos da pecuária só poderiam ser convertidos em combustível através da biodigestão. Portanto, todas as informações sobre energia elétrica e potência a partir de combustão referem-se a resíduos agrícolas.

A Figura 10 apresenta o potencial de oferta de energia primária (tep), por cultivo agropecuário, região; o potencial de produção de biometano (mil m³), considerando apenas a rota biodigestão; e o potencial de produção de biometano (mil m³) e de geração de eletricidade (MWh), por cultivo, unidade da federação e microrregião, em 2017.



Rota Biodigestão para Resíduos Agropecuários



Rotas Biodigestão para Resíduos Pecuários e Combustão para os Resíduos Agrícolas

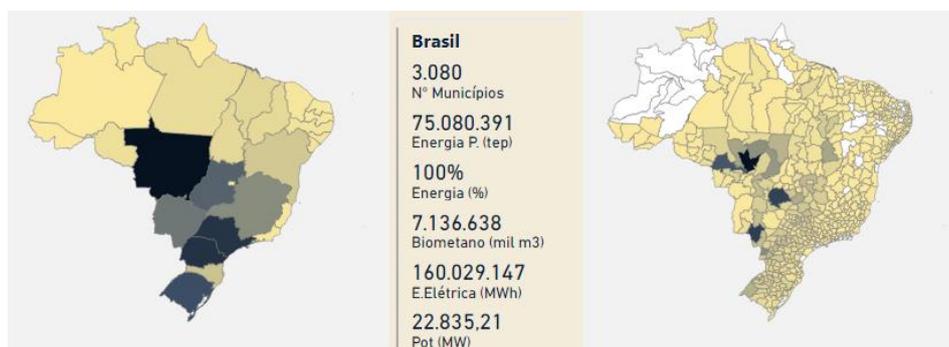


Figura 10 – Potencial de produção de biometano por cultivo e unidade espacial em 2017.

Fonte: EPE, 2019a.

Estes resultados do relatório combustíveis demonstram um enorme potencial de produção de biometano e de eletricidade do setor agropecuário. Um aproveitamento parcial destes energéticos disponível já seria suficiente, no mínimo, para promover a autossuficiência energética do setor.

4 DISCUSSÃO DE RESULTADOS

Os resultados encontrados apontam que das 521 milhões de toneladas (em base seca) de resíduos agrícolas e 183 milhões de toneladas (em base úmida) de resíduos da pecuária intensiva produzidas no ano de 2017, considerando-se os fatores de coleta e de escala, 211 e 183 milhões de toneladas (em base úmida), respectivamente, que totalizam 394 Mt, poderiam ter aproveitamento energético. Merece realce o fato de que é possível alterar o fator de coleta caso o digestato seja reencaminhado para o campo, otimização que amplia o potencial energético encontrado.

Assim, 394 Mt de resíduos agropecuários disponíveis, no SIenergia chamados de energéticos, poderiam ser aproveitados para ofertar até 160 TWh de eletricidade ou 77 bilhões de metros cúbicos de biometano, que representam até 557% ou 852%, respectivamente, das demandas da agropecuária de eletricidade e combustíveis, segundo o BEN, (EPE, 2019b). No tocante à demanda nacional por eletricidade e combustível, este potencial representa 25% e 145%, respectivamente, também segundo dados do BEN, (EPE, 2019b).

No que concerne à receita potencial, esse aproveitamento convertido pelos preços dos energéticos substituídos, como a tarifa elétrica residencial (R\$ 666/MWh, média das tarifas segundo ANEEL), e o menor preço de venda do óleo diesel nos postos (R\$ 3,10/L, segundo ANP, 2019), remete ao montante de R\$ 106 a 238 bilhões, respectivamente, receita que equivale à faixa de 30 a 67% do Valor Bruto da Produção (VBP) da agropecuária em 2018, de R\$ 351 bilhões (ESALQ, 2019).

Merece destaque o fato de que as análises realizadas pela EPE sobre o tema competitividade e atratividade do aproveitamento energético dos resíduos orgânicos³ utilizaram custo de capital próprio de 12% ao ano e, em decorrência, estimaram o valor mínimo da geração elétrica em R\$ 349/MWh e o de biometano em R\$ 1,72/m³, equivalentes a 52% e 56%, respectivamente, dos utilizados para a estimativa de receita acima. Sendo assim, é possível haver uma redução de custos referente a eletricidade ou combustível de até R\$ 104 bilhões anuais, a partir do aproveitamento destes resíduos, o equivalente a até 29% do VBP da agropecuária, o que reforça a importância de aprofundamento e atualização da análise.

No aspecto ambiental, é possível estimar a mitigação de gases responsáveis pelo aquecimento global, o chamado “efeito estufa antropogênico”.

Ao converter esses energéticos em biometano, para substituir o diesel, poderia ser evitada a emissão de 200 Mt de CO₂ equivalente por ano, equivalente a todo setor de

³ NT DEA 17/2014, exclusivamente sobre resíduos rurais; Valor de Referência Específico (VRES), em 2018, para contratações via Chamada Pública das distribuidoras; NT DEA 19/2018, sobre o biometano proveniente de aterro de lixo urbano.

transportes brasileiro (EPE, 2019b) ou aos Kwait, em 2014 (CAIT, 2019), 36° maior emissor global. Merece destaque o fato dessa substituição promover a redução material particulado, um poluente local muito danoso à saúde humana, cuja valoração é relacionada aos custos evitados no setor de saúde.

A mitigação da emissão também pode abranger o metano decorrente da pecuária confinada, uma vez que haveria a necessidade de tratamento anaeróbio e a utilização de tocha como medida de segurança, cuja eficiência típica é de 20%. A utilização de um motor a combustão interna reduz, tipicamente, 90% da emissão de metano. Com isso, os 7 bilhões de metros cúbicos de metano gerados emitem 5,6 bilhões de m³ de metano, cuja combustão mitiga 5 bilhões de m³. Considerando a massa específica do metano (0,716 kg/m³) e o potencial de aquecimento global (GWP, da sigla em inglês), de 28, para 100 anos (IPCC, 2013), obtemos uma mitigação complementar de 98 Mt CO₂ equivalente. Ao somar essa mitigação à da substituição de combustíveis, o potencial equivale à emissão do Iraque, em 2014, 28° maior emissor global.

Por fim, é possível adicionar a mitigação da emissão da produção do fertilizante químico utilizado, mas que será analisada em outra ocasião, conjuntamente com a redução de sua importação, em virtude da reciclagem de nutrientes, que pode ser obtida pelo retorno do digestato ao solo, como adubo orgânico mineralizado.

5 CONCLUSÕES

A utilização do Módulo Agropecuário do SIenergia permitiu identificar um grande potencial de aproveitamento energético dos resíduos da pecuária confinada e da parcela da palha agrícola cuja retirada é compatível com os requisitos agrônômicos. O sistema informa, por município, a quantidade em massa e energia, tanto na forma de combustível quanto de eletricidade, de acordo com a tecnologia aplicada.

A disponibilidade em eletricidade (160 TWh/a) e combustível (77 bilhões de m³/a) suplanta o consumo do setor agropecuário, podendo contribuir também para o atendimento de parcela significativa da demanda nacional.

A receita possível atinge a faixa de R\$ 106 a 238 bilhões, respectivamente para geração elétrica distribuída e substituição de combustíveis para fins veiculares, equivalente à faixa de 30 a 67% do PIB da agropecuária em 2018.

O impacto ambiental é favorável, pois evita a emissão de 298 Mt CO₂ por ano e recicla nutrientes para o solo, reduzindo a utilização de fertilizantes químicos.

Percebe-se, portanto, o enorme potencial energético, financeiro e ambiental que o aproveitamento dos resíduos da agropecuária pode oferecer, trazendo sustentabilidade e aumentando ainda mais a competitividade do setor brasileiro no cenário mundial.

6 REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ANEEL (2019). Agência Nacional de Energia Elétrica. Disponível em <http://www.aneel.gov.br/dados/tarifas>. Acessado em 08/10/2019.

ANP (2019). Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. Disponível em http://preco.anp.gov.br/include/Resumo_Semanal_Regiao.asp. Acessado em 08/10/2019.

CAIT, Country Greenhouse Gas Emissions Data (2019). Disponível em [http://cait.wri.org/historical/Country%20GHG%20Emissions?indicator\[\]=Total_GHG_Emissions_Excluding_Land-Use_Change_and_Forestry&indicator\[\]=Total_GHG_Emissions_Including_Land-Use_Change_and_Forestry&year\[\]=2014&sortIdx=1&sortDir=desc&chartType=geo](http://cait.wri.org/historical/Country%20GHG%20Emissions?indicator[]=Total_GHG_Emissions_Excluding_Land-Use_Change_and_Forestry&indicator[]=Total_GHG_Emissions_Including_Land-Use_Change_and_Forestry&year[]=2014&sortIdx=1&sortDir=desc&chartType=geo). Acessado em 30/09/2019.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (2019). Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>. Acessado em 30/09/2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. (2019a). **SIenergia**. Fonte: Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/sienergia>. Acessado em 04/09/2019.

_____ (2019b). **BEN, Balanço Energético Nacional**. Rio de Janeiro

_____ (2018a). **BEN, Balanço Energético Nacional**. Rio de Janeiro

_____ (2018b). **Sistema Integrado de Informações para Energia – SIIenergia**. Nota Técnica EPE 033/2018.

_____ (2014a). **Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Rurais**. Nota Técnica DEA 15/14.

_____ (2014b). **Economicidade e Competitividade do Aproveitamento Energético de Resíduos Rurais**. Nota Técnica DEA 17/14. Série Recursos Energéticos.

FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations (2019), **FAOSTAT**. Disponível em: <http://fenix.fao.org/faostat/internal/en/#data/QC> Acessado em 30/09/2019

IBGE, (2019). Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/home/ipca15/brasil>. Acessado em 30/09/2019

IPCC (2013). Intergovernmental Panel on Climate Change. **Anthropogenic and Natural Radiative Forcing**. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of

Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. 2013.

Rouse, M. (2019). Self-service Business Intelligence (SSBI) - Definition. Retrieved from <http://searchbusinessanalytics.techtarget.com/definition/self-service-business-intelligence-BI> Acessado em 30/09/2019