

NOTA TÉCNICA EPE 033/2018

SIIEnergia

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES PARA ENERGIA



SIIEnergia
Sistema Integrado de
Informação para Energia

Dezembro de 2018



Empresa de Pesquisa Energética

MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA





GOVERNO FEDERAL
MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
MME/SPE

Ministério de Minas e Energia
Ministro
Wellington Moreira Franco

Secretário Executivo
Marcio Felix Carvalho Bezerra

**Secretário de Planejamento e
Desenvolvimento Energético**
Eduardo Azevedo Rodrigues

Secretário de Energia Elétrica
Ildo Wilson Grudtner

**Secretário de Petróleo, Gás Natural e
Combustíveis Renováveis**
João Vicente de Carvalho Vieira

**Secretário de Geologia, Mineração e
Transformação Mineral**
Vicente Humberto Lôbo Cruz



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
Reive Barros dos Santos

Diretor de Estudos Econômico-Energéticos e Ambientais
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Diretor de Estudos de Energia Elétrica
Amílcar Gonçalves Guerreiro

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

NOTA TÉCNICA EPE 033/2018

SIIEnergia

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMAÇÕES PARA ENERGIA

Coordenação Geral
Thiago Vasconcellos Barral Ferreira

Coordenação Executiva
Jeferson Soares
Luciano Basto Oliveira

Equipe Técnica
Bruno Mauricio Rodrigues Crotman
Daniel Kühner Coelho
Ismael Alves Pereira Filho
Juliana Velloso Durão

Nº EPE-DEA-NT- 033/2018
Data: 28 de dezembro de 2018

SUMÁRIO

SUMÁRIO.....	1
GRÁFICOS	2
FIGURAS	2
TABELAS.....	2
1 INTRODUÇÃO	3
2 OBJETIVOS.....	4
2.1 Gerais	4
2.2 Específicos	4
3 METODOLOGIA.....	4
3.1 Base de Dados	5
3.1.1 Solução Tecnológica	5
3.1.2 Dados de Entrada	5
3.1.3 Modelos Matemático-energéticos.....	7
3.1.4 Relatórios Dinâmicos.....	7
4 RESULTADOS	7
5 EVOLUÇÃO.....	10
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	12

GRÁFICOS

Gráfico 1 - Evolução comparativa da produção agrícola de lavouras permanentes e temporárias..	5
Gráfico 2 - Resultados da produção agrícola de lavouras permanentes e temporárias, em 2017....	6
Gráfico 3– Participações ordenadas das lavouras temporárias em Quantidade Produzida, no Brasil, em 2017.....	6
Gráfico 4 – Participações ordenadas das lavouras temporárias em Área Plantada, no Brasil, em 2017	6
Gráfico 5- Energia Potencial dos resíduos agrícolas disponíveis em 2016.....	8
Gráfico 6 - Comparativo das demandas das distribuidoras de eletricidade em relação à geração de eletricidade com base em resíduos agropecuários.....	11

FIGURAS

Figura 1 – Etapas do Ciclo da Informação e do SIIEnergia.	4
Figura 2 - Fluxograma do plano de ação do Projeto SIIEnergia, com próximas versões, principais acréscimos e prazos estimados.....	10

TABELAS

Tabela 1 - Potencial energético distribuído dos resíduos agrícolas disponíveis, em 2016, considerando metade da biomassa convertida em biometano e metade em eletricidade.	8
Tabela 2 – Municípios com maior potencial bioenergético no Brasil, em 2016.	9
Tabela 3 – Municípios com maior potencial energético de resíduos de milho, no Brasil, em 2016. 9	

I INTRODUÇÃO

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) tem como missão, recentemente reformulada, “realizar estudos e pesquisas de alto nível de qualidade visando subsidiar o planejamento energético”, assim sendo, está sempre buscando aprimorar 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.

No Brasil, estudos preliminares indicam que sejam produzidos, anualmente, mais de 2 bilhões de toneladas de matéria orgânica¹ residual apenas no setor agropecuário, entre cascas, palhas e esterco.

Dispostos aleatoriamente na natureza, esses resíduos e efluentes podem gerar impactos ambientais de grande magnitude, como a poluição das águas e a poluição atmosférica. 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 GEE que impacta muito mais no processo de aquecimento global do que o gás carbônico ou dióxido de carbono (CO₂).

Há, entretanto, formas nobres 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, como o biogás e o biometano.

O potencial energético primário destes resíduos da agricultura é da ordem de 65 milhões de tep por ano, que corresponde a aproximadamente 25% de toda a energia consumida no país (260 Mtep em 2017, segundo o (BEN, Balanço Energético Nacional , 2018)).

Toda esta biomassa residual pode ser convertida em aproximadamente 56 bilhões de m³ de biometano ou em 130 TWh de energia elétrica, que representa a energia contida em um volume de diesel e biodiesel superior ao consumido anualmente no Brasil (~47 Mtep) ou um pouco mais do que a energia elétrica gerada anualmente em Itaipu (100 TWh/ano).

Pelo exposto acima, para atualizar os dados históricos de forma simplificada e permitir, no futuro, desenvolver projeções e previsões mais desagregadas, com vistas a subsidiar estudos energéticos mais específicos, localizados e com bases de dados, processos, modelos, pessoal e relatórios dinâmicos mais integrados, que possam ser disponibilizado à sociedade para consulta de informações sobre energia, passou a ser prioridade a criação de um Sistema de Informação para Energia, o SIIEnergia, apresentado por este relatório preliminar.

¹ Matéria Orgânica é todo produto proveniente de seres vivos, qualquer resíduo de origem vegetal, animal, urbano ou industrial, que apresente elevados teores de componentes orgânicos, compostos de carbono degradável (COSTA, 1994).

2 OBJETIVOS

2.1 Gerais

- Criação de um sistema de informação modular que contribua para a evolução dos Estudos Econômico-energéticos da Empresa de Pesquisa Energética - EPE

2.2 Específicos

- Construção de uma base de dados mais robusta e integrada
- Criação de ambientes para o desenvolvimento de modelos energéticos mais ágeis, confiáveis, integrados e capazes de processar informações
- Desenvolvimento de relatórios mais amigáveis e dinâmicos

3 METODOLOGIA

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

O nome SIIEnergia surgiu de uma livre abreviação de Sistema Integrado de Informação para Energia, nome este que transmite ainda de forma clara a ideia dos ganhos que a integração de dados, modelos matemáticos e relatórios pode trazer para uma instituição, seja ela pública ou privada.

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

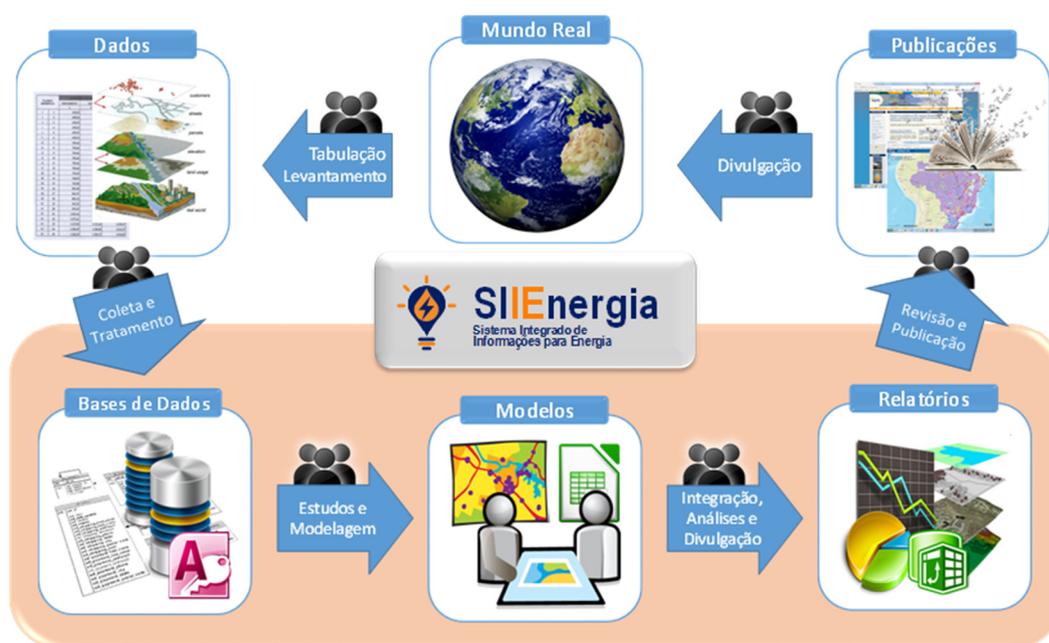


Figura 1 – Etapas do Ciclo da Informação e do SIIEnergia.

Fonte: Elaboração própria

3.1 Base de Dados

3.1.1 Solução Tecnológica

A base de dados (BD) relacional do SIIEnergia, aonde são colocados os dados coletados das diversas fontes de dados é implementada em MSAccess. A proposta foi armazenar os dados obtidos em coleta, na maioria das vezes armazenados em planilhas MSEXcel, em um nível de integridade superior em relação aos demais dados que já estão na BD. Para isso é imprescindível o modelamento desta base de dados, assim como um módulo de carga destes dados com as funções de triar e incorporar os dados de forma consistente no conjunto, garantindo a sua integridade. A estratégia de construção modular (basicamente por origem de resíduo) permite adaptações e construções nas diversas fases do desenvolvimento como será mostrado em tópico posterior (EVOLUÇÃO).

3.1.2 Dados de Entrada

Uma etapa importante, desde o início da construção do SIIEnergia, foi avaliar quais deveriam ser os dados de entrada que comporiam sua Base de Dados, a partir dos quais se desenvolvem todos os Modelos Matemático-energéticos e criam-se Relatórios Dinâmicos, que permitem analisar e subsidiar os estudos demandados.

Sendo assim, atendendo a critérios de priorização de demandas da área, na versão SIIEnergia 1.0, optou-se por tratar inicialmente apenas os resíduos da agropecuária.

A título de exemplo, na sessão seguinte serão apresentados os critérios e análises realizadas para a seleção de culturas agrícolas a serem inseridas no sistema.

Seleção de Culturas Agrícolas

A partir de dados históricos da quantidade produzida por lavouras temporárias e perenes no Brasil, 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 subseqüente.

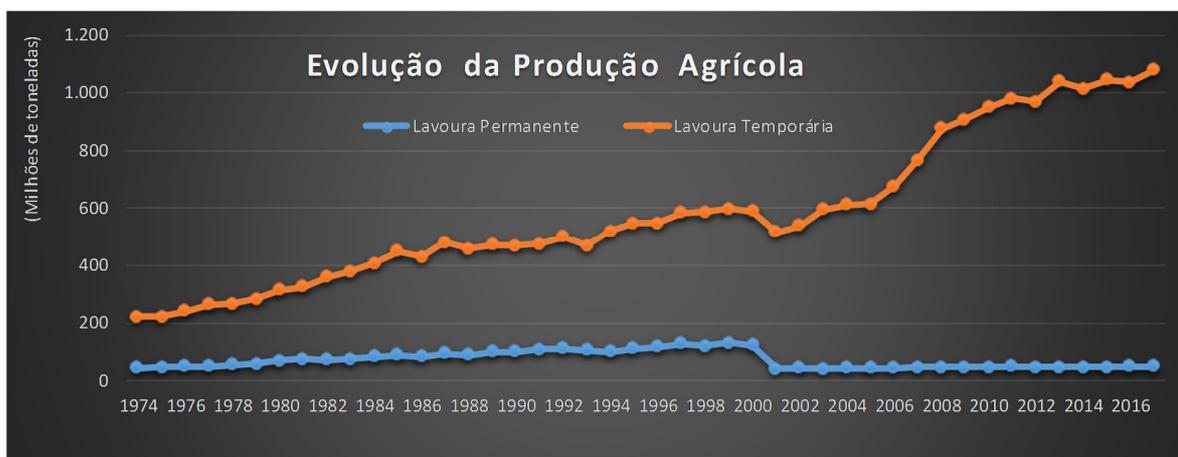


Gráfico 1 - Evolução comparativa da produção agrícola de lavouras permanentes e temporárias.

Fonte: SIIEnergia, 2018

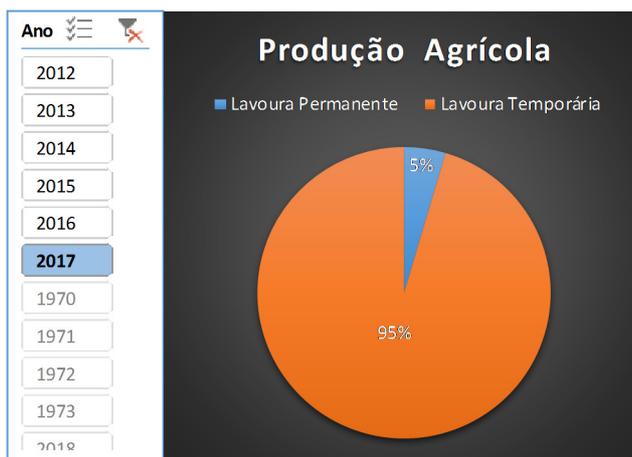


Gráfico 2 - Resultados da produção agrícola de lavouras permanentes e temporárias, em 2017.

Fonte: SIIEnergia, 2018

As 5 principais culturas nacionais, cana, soja, milho, arroz e trigo, representaram mais de 90% de toda a safra agrícola de 2017 e percentual equivalente da área plantada. No entanto, a exceção da cana, o aproveitamento energético dos resíduos ou coprodutos destas culturas ainda é incipiente.

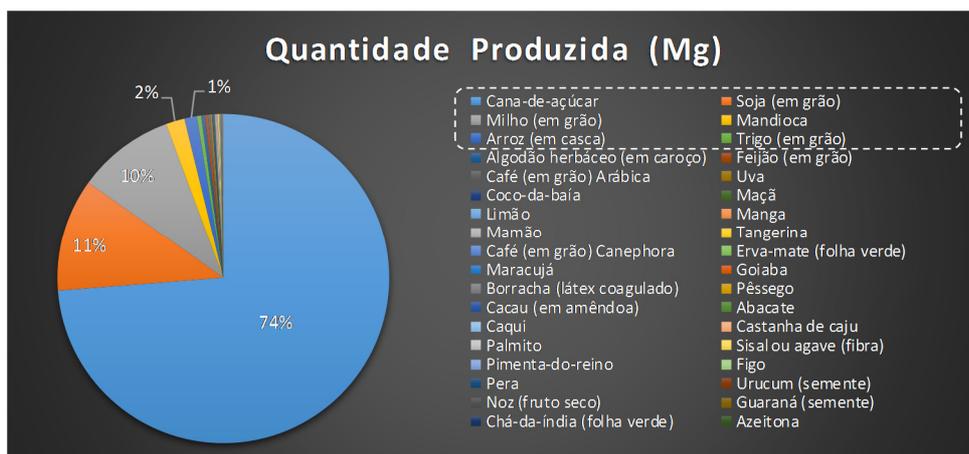


Gráfico 3- Participações ordenadas das lavouras temporárias em Quantidade Produzida, no Brasil, em 2017

Fonte: SIIEnergia, 2018

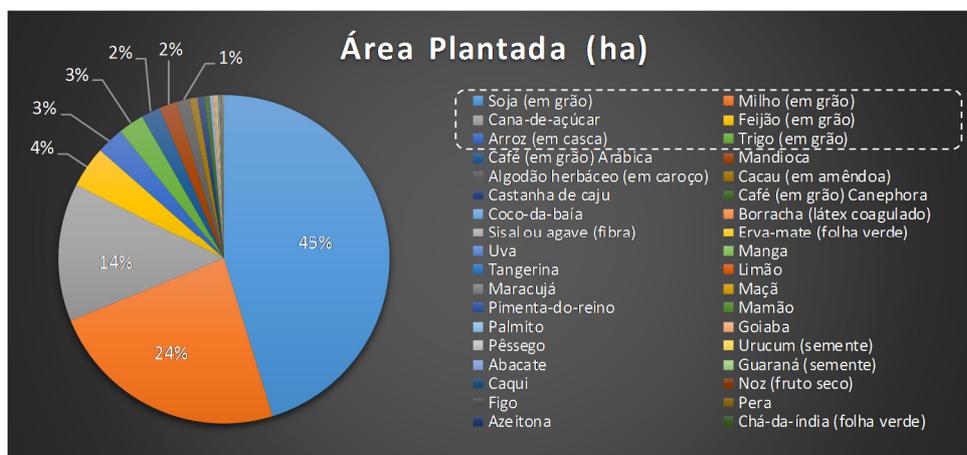


Gráfico 4 – Participações ordenadas das lavouras temporárias em Área Plantada, no Brasil, em 2017

Fonte: SIIEnergia, 2018

3.1.3 Modelos Matemático-energéticos

A implementação dos modelos matemático-energéticos é feita em uma outra camada por uma ferramenta integrada ao MSExcel chamada Power-Pivot. Nela são colocados e calculados todos os índices e tabelas gerados a partir das tabelas originais da BD Relacional com a aplicação dos índices e demais cálculos. Nesse ambiente também são cruzados os dados das diversas tabelas da BD Relacional em novas tabelas específicas para essa camada de software. Essa camada trata os dados de forma multidimensional agregando mais qualidades tecnológicas no tratamento das informações provenientes do BD Relacional. Modelos regressivos completam o quadro de funcionalidades com a geração de projeções e previsões para os cenários configurados.

3.1.4 Relatórios Dinâmicos

Para a implementação dos relatórios do sistema, há duas opções: o próprio MSExcel e o Power BI (ferramenta integrada ao MSExcel). Toda esta construção, que segue uma arquitetura OLAP com as informações do sistema, possibilita consultas nas diversas camadas de interesse do usuário do sistema, seja na fase de dados primários, produtos de referência, produtos energéticos ou mesmo combustíveis, permitindo o cruzamento com as camadas de demanda e logística. Seus diversos filtros com pesquisas dinâmicas proporcionam uma análise mais flexível e segmentada tanto no período de tempo, quanto na localização espacial desejada.

4 RESULTADOS

Nesta sessão são apresentados alguns dos resultados apresentados nos relatórios dinâmicos da versão SIIEnergia 1.0.

A Tabela 1 e o Gráfico 5, a seguir, apresentam informações sobre estimativas do potencial energético distribuído dos resíduos agrícolas disponíveis em 2016, considerando-se que metade deste recurso seguiria por uma rota de aproveitamento energético pela combustão e a outra metade pela rota da biodigestão. Portanto, representa uma atualização do inventário elaborado em 2014.

Tabela 1 - Potencial energético distribuído dos resíduos agrícolas disponíveis, em 2016, considerando metade da biomassa convertida em biometano e metade em eletricidade.

UF	Produção de Resíduos (t)	Potencial de Biometano (1000m3 CH4)	Potencial Elétrico (MWh)	Potencial Energético (tep)
AC	38.186	25.406	88.839	38.194
AL	542.299	225.903	915.375	393.540
AM	9.767	16.758	42.937	18.460
AP	11.867	5.495	21.015	9.035
BA	1.637.686	741.353	2.958.327	1.271.852
CE	70.560	123.363	318.404	136.889
DF	176.412	95.087	357.746	153.803
ES	94.858	100.413	286.843	123.320
GO	6.935.638	2.816.227	11.834.882	5.088.084
MA	708.174	329.207	1.300.594	559.155
MG	5.572.336	2.588.592	10.266.797	4.413.928
MS	5.752.337	2.200.651	9.617.193	4.134.649
MT	13.412.180	5.130.213	22.451.659	9.652.476
PA	673.599	338.779	1.289.245	554.275
PB	198.495	103.053	377.101	162.124
PE	381.870	231.276	792.456	340.695
PI	436.015	198.955	803.514	345.449
PR	12.665.068	5.442.422	22.484.604	9.666.640
RJ	73.701	67.851	200.766	86.314
RN	103.565	62.710	214.902	92.391
RO	488.614	217.699	887.035	381.356
RR	47.775	20.882	84.521	36.337
RS	9.778.197	4.020.762	16.760.770	7.205.834
SC	2.023.855	1.167.239	4.238.645	1.822.289
SE	134.564	75.793	276.300	118.788
SP	15.089.491	5.973.810	25.066.909	10.776.831
TO	966.150	409.629	1.674.838	720.051
Total Geral	78.023.258	32.729.526	135.612.216	58.302.758

Fonte: SIIEnergia, 2018

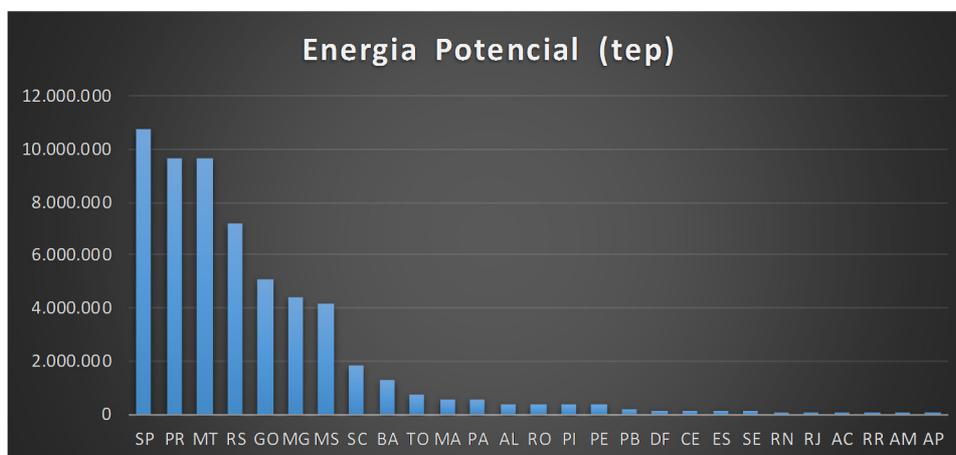


Gráfico 5- Energia Potencial dos resíduos agrícolas disponíveis em 2016.

Fonte: SIIEnergia, 2018

O SIIEnergia permite que as estimativas do potencial energético distribuído dos resíduos agrícolas, disponíveis em 2016, sejam exibidos em nível municipal, como apresentado na Tabela 2, que classifica os 15 municípios brasileiros com maior potencial bioenergético.

Tabela 2 – Municípios com maior potencial bioenergético no Brasil, em 2016.

Município	UF	Quantidade de Combustível - Oferta (t)	Volume de Combustível - Oferta (1000m ³)	Potencial Energético (tep)	Potencial Energético (MWh)
Sorriso	MT	1.175.768	460.018	868.713	2.020.626
Nova Mutum	MT	693.124	282.096	519.441	1.208.221
Jataí	GO	687.057	260.307	499.429	1.161.672
Rio Verde	GO	606.891	259.229	460.662	1.071.500
Sapezal	MT	633.030	233.708	451.424	1.050.012
Campo Novo do Parecis	MT	623.543	230.237	439.804	1.022.985
Nova Ubiratã	MT	610.892	225.821	428.548	996.803
Maracaju	MS	572.415	211.759	409.442	952.362
Lucas do Rio Verde	MT	516.787	206.619	387.013	900.191
Diamantino	MT	500.327	189.925	360.365	838.208
Rio Brillhante	MS	458.381	169.874	321.292	747.325
Sidrolândia	MS	416.308	165.029	310.324	721.814
Ponta Porã	MS	413.374	153.478	292.656	680.717
Campos de Júlio	MT	407.215	150.316	292.611	680.613
Uberaba	MG	372.995	146.588	268.078	623.549

Fonte: SIIEnergia, 2018

O SIIEnergia permite ainda apresentar os resultados por cultura ou produto de referência, pode-se pesquisar por potencial energético, como na Tabela 3, que traz os municípios com maior potencial energético para o aproveitamento da palha do milho, em 2016.

Tabela 3 – Municípios com maior potencial energético de resíduos de milho, no Brasil, em 2016.

Município	UF	Quantidade de Combustível - Oferta (t)	Volume de Combustível - Oferta (1000m ³)	Potencial Energético (tep)	Potencial Energético (MWh)
Sorriso	MT	726.486	268.073	543.032	1.263.092
Jataí	GO	405.108	149.485	302.809	704.334
Nova Mutum	MT	397.435	146.653	297.073	690.993
Sapezal	MT	337.835	124.661	252.524	587.370
Lucas do Rio Verde	MT	337.083	124.384	251.962	586.064
Maracaju	MS	307.680	113.534	229.984	534.943
Rio Verde	GO	270.983	99.993	202.553	471.139
Sidrolândia	MS	266.112	98.195	198.913	462.671
Campo Novo do Parecis	MT	257.392	94.978	192.395	447.510
Diamantino	MT	250.335	92.374	187.120	435.241
Campos de Júlio	MT	245.272	90.505	183.335	426.437
Nova Ubiratã	MT	221.329	81.670	165.439	384.810
São Gabriel do Oeste	MS	186.754	68.912	139.594	324.696
Campo Verde	MT	181.360	66.922	135.563	315.318
Itiquira	MT	177.487	65.493	132.668	308.585

Fonte: SIIEnergia, 2018

5 EVOLUÇÃO

O Desenvolvimento do sistema foi dividido em fases que contemplam, via de regra, a implantação de módulos específicos para modelamento de tipos de resíduo, principalmente relacionados à origem do resíduo. A versão atual do SIIEnergia contempla os itens da fase 1.0, ou seja, os módulos de resíduos agrícolas e de resíduos da pecuária, apoia a atualização da oferta de resíduos rurais, assim como diversas possibilidades de consultas, como mostrado na seção relatórios, anteriormente. No planejamento das novas fases, que pode ser acompanhado na Figura 2, constam a implementação de módulos que tratam dos demais setores, assim como inovações que aperfeiçoam o modelamento da solução no sistema, quais sejam, a sazonalização no módulo agrícola, a inclusão de comparação com demandas de eletricidade das distribuidoras e a demanda de combustíveis por município, conforme mostra o Gráfico 6, implementação da demanda dos grandes consumidores, depois a implementação dos módulos de resíduos urbanos, agroindustrial, florestal, implementação de projeções energéticas (apoio a visões de médio prazo), previsões energéticas (apoio de visões de longo prazo - PNE) e, finalmente a implementação de malhas viárias para introduzir o importante componente de custo logístico aos dados do sistema.



Figura 2 - Fluxograma do plano de ação do Projeto SIIEnergia, com próximas versões, principais acréscimos e prazos estimados.

Fonte: Elaboração própria

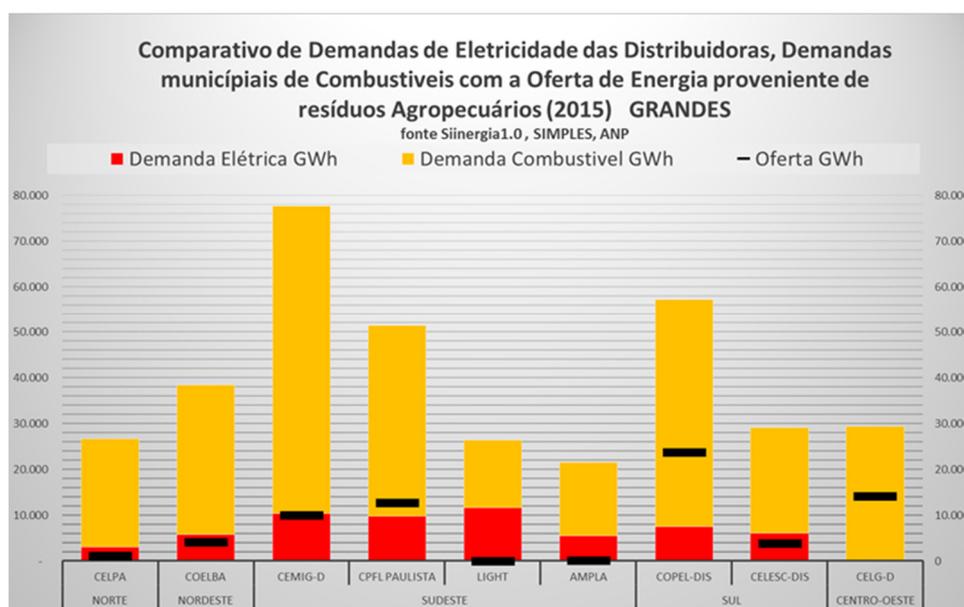


Gráfico 6 - Comparativo das demandas das distribuidoras de eletricidade em relação à geração de eletricidade com base em resíduos agropecuários.

Fonte: *Elaboração própria*

O sistema estará em constante evolução e pode sofrer mudanças em suas etapas de construção que visem adequar a momentos de ascensão de mercado de determinadas tecnologias ou prioridades nas políticas públicas.

A divulgação desses dados e do sistema visa contribuir para a integração entre os agentes dos setores e a sociedade em geral no debate sobre o aproveitamento energético dos resíduos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COSTA, M. B. (1994). Em M. B. COSTA, *Nova síntese e novo caminho para a agricultura “adubação orgânica”* (p. 102). São Paulo: Ícone.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. (2018). *BEN, Balanço Energético Nacional*. Rio de Janeiro.