

Análise de microrregiões ótimas para ampliação de Parque Termo Nuclear Brasileiro

Mario Rafael de Souza[†], Aduari Silveira Rodrigues Júnior, Reinaldo Ramos da Silva, Rafael Camargo Cardoso e Cesar Conceição Simões

Como citar esse artigo. de Souza, MR; Júnior, ASR; da Silva, RR; Cardoso, RC; Simões, CC. Análise de microrregiões ótimas para ampliação de Parque Termo Nuclear Brasileiro. Revista Teccen. 2019 Jan/Jun; 12 (1): 41-49.

Resumo

A matriz energética brasileira enfrenta diversas mudanças a datar da década de 1970, devido à crise de 1973 que gerou um aumento significativo no preço do petróleo. Novas fontes geradoras de energia começaram a se desenvolver para a diversificação da matriz energética brasileira, desta forma, foram criadas novas usinas hidrelétricas, termoeletricas a óleo combustível, além do incentivo para desenvolver novas tecnologias de fontes geradoras renováveis. Na década de 1990, devido ao crescimento populacional, a globalização, e a diversos fatores do desenvolvimento social como, por exemplo, o avanço tecnológico fez com que se instalassem no território nacional usinas termonucleares, observando o crescimento demográfico e econômico mundial, prevê-se um crescente aumento na demanda de energia elétrica. Por outro lado, os recursos naturais necessários a essa geração de energia vem se esgotando, a energia é o elemento essencial no processo civilizatório. O primeiro princípio da termodinâmica diz “nada se move ou se transforma no universo sem energia”. O governo brasileiro sempre negou a existência da crise energética, segundo ele, a ausência de chuvas foi das maiores nas últimas décadas, o que resultava diretamente na oferta de energia. Considerando que o Brasil possui uma das maiores reservas de urânio do mundo, a energia nuclear é a melhor opção para diversificação da matriz energética brasileira em um período de médio - longo prazo, pois ao que se refere ao Brasil não existe registros oficiais sobre a análise de microrregiões para ampliar o parque termonuclear, contudo o projeto tem uma abordagem quantitativa, inicialmente foram escolhidas variáveis consideradas essenciais para a instalação de usinas nucleares, na primeira parte do desenvolvimento, foram analisadas diversas informações como população, área, densidade demográfica que foram disponibilizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Visualização de mapas Google Maps foi aplicado neste estudo para encontrar rotas rodoviárias objetivando analisar a distância das cidades centróides e microrregiões, foi desenvolvido o cálculo de previsão de demanda de cada unidade da federação através dos métodos quantitativos de média aritmética e juros compostos. A análise envoltória de dados preconizada pela metodologia é eficaz para a seleção das microrregiões, analisando as variáveis pertinentes para a ampliação do parque termo nuclear. Devido à crescente demanda energética no Brasil, se faz necessários estudos voltados para o tema abordado buscando a eficiência no fornecimento de energia elétrica.

Palavras-Chave: Demanda Energética Eletricidade, Matriz Energética

Abstract

The Brazilian energy matrix faces several changes dating back to the 1970s due to the 1973 crisis that generated a significant increase in the price of oil. New sources of energy began to develop for the diversification of the Brazilian energy matrix. In this way, new hydroelectric plants were created, thermoelectric fuel oil, and the incentive to develop new technologies of renewable generating sources. In the 1990s, due to population growth, globalization, and various factors of social development, such as technological advancement, thermonuclear plants were installed in the national territory, observing the demographic and economic growth in the world. increasing demand for electricity. On the other hand, the natural resources needed for this generation of energy have been depleted, energy is the essential element in the civilizing process. The first principle of thermodynamics says “nothing moves or turns into the universe without energy”. The Brazilian government has always denied the existence of the energy crisis, according to him, the absence of rain was the highest in the last decades, which resulted directly in the supply of energy. Considering that Brazil has one of the largest uranium reserves in the world, nuclear energy is the best option for diversifying the Brazilian energy matrix in a medium - long term period, since for Brazil there are no official records on the analysis. However, the project has a quantitative approach. Initially, variables considered essential for the installation of nuclear power plants were chosen. In the first part of the development, several information was analyzed, such as population, area, and demographic density. Brazilian Institute of Geography and Statistics (IBGE). Map visualization Google Maps was applied in this study to find road routes to analyze the distance of the centroid cities and microregions, the calculation of demand forecast of each unit of the federation was developed through the quantitative methods of arithmetic mean and compound interest. The data envelopment analysis recommended by the methodology is effective for the selection of microregions, analyzing the relevant variables for the expansion of the thermo nuclear power plant. Due to the increasing energy demand in Brazil, it is necessary to carry out studies focused on the topic addressed, looking for efficiency in the supply of electric energy.

Keywords: Energy Demand Electricity, Energy Demand, Energy Matrix..

Afiliação dos autores:

* Email para correspondência: adauri.junior@yahoo.com.br

Recebido em: 11/10/17. Aceito em: 01/04/19.

Introdução

Observando o crescimento demográfico e econômico mundial, prevê-se um crescente aumento na demanda de energia elétrica. Por outro lado, os recursos naturais necessários a essa geração de energia vem se esgotando constantemente, gerando preocupações relacionadas a possíveis restrições no fornecimento de energia (ALQUÉRES, 2003).

A energia é o elemento essencial no processo civilizatório. O primeiro princípio da termodinâmica diz “nada se move ou se transforma no universo sem energia”. O modelo de combustíveis fósseis marcou o desenvolvimento da humanidade nos últimos duzentos anos e está se exaurindo, são fontes não renováveis de energia e demoram aproximadamente seiscentos milhões de anos para se formarem.

O modelo energético do mundo é basicamente um modelo suicida, baseado no uso de recursos não renováveis e poluentes. Antes da segunda revolução industrial o mundo dependia do carvão mineral, com os avanços tecnológicos e a evolução da própria indústria essa fonte energética começou a ser substituída no início do século XX pelo petróleo. Com tantas alternativas de geração de energia limpa e renovável, o mundo se mantém dependente dos combustíveis fósseis.

Desde 1973, quando ocorreu um descontrolado aumento no preço do petróleo que se entrou em um consenso global sobre a necessidade de novos meios de produção de energia. O Brasil iniciou pesquisas sobre a extração de petróleo em águas profundas além de diminuir a dependência internacional, iniciando pesquisas de combustíveis renováveis. O Brasil tem recursos naturais e tecnologia que possibilitam o país se tornar uma das maiores potências energéticas em nível mundial, se não a maior.

“Com quase metade da matriz energética composta por fontes renováveis, o Brasil tem potencial para ampliar a produção de energia limpa e tornar-se uma potência energética mundial” (ROSSETTO, 2011).

O consumo de energia elétrica cresce exponencialmente conforme o aumento populacional e a globalização, consequência dos tempos modernos. O Brasil enfrenta outras questões além da dependência do petróleo que afetam a produção de energia nacional; a má distribuição e a configuração da matriz energética brasileira, a ausência de investimentos e planejamentos no setor elétrico, junto a outros fatores acarretou uma crise energética nunca antes vista. O setor energético brasileiro carece de investimentos, pois as usinas hidrelétricas representam mais de 60% de toda potência instalada da matriz brasileira, tornando o país dependente de energia provenientes das hidrelétricas.

O presente trabalho tem por objetivo calcular microrregiões ótimas para a ampliação do parque

termonuclear brasileiro através da análise envoltória de dados explorando o potencial da energia nuclear em relação à matriz energética brasileira em uma projeção de demanda energética de 30 anos.

A energia nuclear é uma alternativa para reduzir a dependência nacional da hidroeletricidade. O Brasil possui duas usinas nucleares em operação que representam 1,34% da potência instalada do país.

A instalação de novas usinas nucleares resultará na redução da deficiência da matriz energética brasileira além de ser uma solução viável e das mais eficientes. A geração da energia nuclear independe de condições ambientais e climáticas, não é poluente durante seu funcionamento normal e não precisa de grandes áreas para a instalação e funcionamento. Contudo, é necessário um custo superior ao da hidroeletricidade devido aos sistemas de emergência, a contenção de resíduos radioativos e de armazenamento.

Fatores como armazenamento dos resíduos atômicos, o perigo de acidentes nucleares e a contaminação por radiação são entraves à implantação e ampliação do parque termonuclear brasileiro.

Metodologia

Para o desenvolvimento deste, inicialmente foram escolhidas variáveis consideradas essenciais para a instalação de usinas nucleares, na primeira parte do desenvolvimento as variáveis abordadas foram:

- População dos estados brasileiros
- Densidade demográfica dos estados brasileiros
- Área dos estados brasileiros
- Distância rodoviária dos centros geométricos dos estados brasileiros até Resende
- Previsão de demanda energética

Os dados estaduais de população, densidade demográfica e área foram abordados, pois recomenda-se que usinas nucleares não se situem em aglomerados populacionais, contudo, elas necessitam estar próximas aos grandes centros de demanda devido a distribuição e transmissão de energia.

Primeiramente essas três variáveis referentes ao ano de 2017 foram coletadas no site do Instituto Brasileiro de Geometria e Estatística (IBGE) e organizadas no software Microsoft Excel, gerando um bando de dados referente a população, densidade demográfica e área territorial de cada estado da federação.

Em seguida, foram desenvolvidos os cálculos para se obter a distância dos centróides estaduais até Resende, RJ.

Atualmente há várias categorias de software GIS (Geographic Information Systems), cada uma atendendo particularmente problemas específicos de geoprocessamento, contudo, neste artigo foi empregado

o programa Quantum GIS (QGIS) para o cálculo e identificação do centro geográfico (centróide) de cada unidade da federação (estados). O QGIS é um projeto oficial da OpenSourceGeospatial Foundation (OSGeo) que pode ser utilizado em Linux, Unix, Mac OSX, Windows e Android e possui código aberto e é licenciado sob a Licença Pública Geral GNU.

Essa distância foi analisada, pois no território nacional a única fábrica de combustível nuclear que realiza o enriquecimento do urânio se situa no município de Resende, RJ.

O enriquecimento do urânio é abordado na decisão desta variável, pois as usinas term nucleares somente utilizam o urânio enriquecido para a geração de energia através do método de fissão nuclear, ou seja, é necessário analisar questões logísticas como distância do fornecedor da matéria prima até o ponto do processo de geração de energia nuclear, uma vez que a finalidade deste projeto é calcular microrregiões para se instalar esses pontos.

As coordenadas faltantes implicam na não existência de uma rota rodoviária até o município de Resende, RJ. Os municípios em destaque na tabela 5 resultam de municípios mais próximos aos centroides que possuem rotas rodoviárias para o município de Resende.

Em seguida, foi desenvolvido o cálculo de previsão de demanda de 30 anos (tempo suficiente para construção de usinas nucleares) para cada

unidade da federação através dos métodos quantitativos de média aritmética e juros compostos, levando em conta os dados dos Anuários Estatísticos de Energia Elétrica dos anos de 2010 a 2014 do Ministério de Minas e Energia.

Com todas as variáveis propostas na primeira parte do desenvolvimento mensuradas, foi criada a tabela com os resultados organizados.

Desta forma o banco de dados relacionados ao primeiro objetivo específico, que foi reunir as variáveis estaduais para a instalação de uma usina nuclear, organizá-las e relacioná-las de forma específica para montar um banco de dados estadual foi concluído.

DEA - Resultados Estaduais

Para analisar as variáveis estaduais de acordo com os princípios da Análise envoltória de Dados, primeiramente foi feita uma tabela em formato txt. dos bancos de dados estaduais, onde os dados foram configurados para serem rodados no Sivad3.

Através do método de avaliação cruzada, os dados foram desenvolvidos e geraram respostas que foram organizadas em uma tabela para a segunda parte do desenvolvimento e melhor visualização dos 6 estados que possuem a maior eficiência para a instalação de usinas term nucleares.

A tabela 2 demonstra os resultados da avaliação

Tabela 1. Banco de Dados Estadual.

ESTADO	POPULAÇÃO (2016)	DENSIDADE DEMOGRAFICA (hab/km ²)	AREA (km ²)	DISTANCIA RODOVIARIA (RESENDE-RJ)	PREVISÃO DE DEMANDA (GWh) (30 ANOS)
RONDÔNIA	1.787.279	6,58	237.765,38	2941 KM	5671,31
ACRE	816.687	4,47	164.123,71	3962 KM	1491,16
AMAZONA	4.001.667	2,23	1.559.149,07	4113 KM	10322,65
RORAIMA	514.229	2,01	224.301,08	4736 KM	1670,75
PARÁ	8.272.724	6,07	1.247.955,38	3084 KM	24614,44
AMAPÁ	782.295	4,69	142.828,52	7145 KM	1639,33
TOCANTINS	1.532.902	4,98	277.720,57	1986 KM	3503,17
MARANHÃO	6.954.036	19,81	331.936,96	2725 KM	5251,89
PIAUÍ	3.212.180	12,4	251.611,93	2363 KM	5717,40
CEARÁ	8.963.663	56,76	148.887,63	2558 KM	18097,72
RIO GRANDE DO NORTE	3.474.998	59,99	52.811,11	2546 KM	7807,35
PARAIBA	3.999.415	66,7	56.468,43	2383 KM	7430,54
PERNAMBUCO	9.410.336	89,62	98.076,00	2129 KM	19895,85
ALAGOAS	3.358.963	112,33	27.848,16	2065 KM	7463,34
SERGIPE	2.265.779	94,36	21.918,45	1901 KM	5281,85
BAHIA	15.276.566	24,82	564.732,64	1525 KM	32256,73
MINAS GERAIS	20.997.560	33,41	586.521,24	662 KM	60938,10
ESPIRITO SANTO	3.973.697	76,25	46.089,39	710 KM	14827,32
RIO DE JANEIRO	16.635.996	365,23	43.781,57	277 KM	53566,04
SÃO PAULO	44.749.699	166,23	248.222,00	559 KM	159818,22
PARANÁ	11.242.720	52,4	199.307,99	1024 KM	42667,43
SANTA CATARINA	6.910.553	65,27	95.737,90	973 KM	38802,96
RIO GRANDE DO SUL	11.286.500	37,96	281.737,95	1645 KM	41039,19
MATO GROSSO DO SUL	2.682.386	6,86	357.145,53	1298 KM	9139,96
MATO GROSSO	3.305.531	3,36	903.198,09	2164 KM	14827,78
GOIÁS	6.695.855	17,65	340.110,39	1236 KM	23527,30
DISTRITO FEDERAL	2.977.216	444,66	5.780,00	1096 KM	9667,45

Fonte: Autores

Tabela 2. Resultados da Avaliação Cruzada.

ORDEM	REGIÃO	ESTADO	AValiação Cruzada
1	NORTE	RONDÔNIA	0,400996
2	NORTE	ACRE	0,188267
3	NORTE	AMAZONA	0,37304
4	NORTE	RORAIMA	0,300899
5	NORTE	PARÁ	0,520822
6	NORTE	AMAPÁ	0,211507
7	NORTE	TOCANTINS	0,281616
8	NORDESTE	MARANHÃO	0,120952
9	NORDESTE	PIAUÍ	0,243616
10	NORDESTE	CEARÁ	0,294402
11	NORDESTE	RIO GRANDE DO NORTE	0,230523
12	NORDESTE	PARAIBA	0,195891
13	NORDESTE	PERNAMBUCO	0,287872
14	NORDESTE	ALAGOAS	0,204382
15	NORDESTE	SERGIPE	0,193342
16	NORDESTE	BAHIA	0,399806
17	SUDESTE	MINAS GERAIS	0,572638
18	SUDESTE	ESPIRITO SANTO	0,388376
19	SUDESTE	RIO DE JANEIRO	0,411895
20	SUDESTE	SÃO PAULO	0,703369
21	SUL	PARANÁ	0,605639
22	SUL	SANTA CATARINA	0,733382
23	SUL	RIO GRANDE DO SUL	0,608932
24	CENTRO-OESTE	MATO GROSSO DO SUL	0,475848
25	CENTRO-OESTE	MATO GROSSO	0,635577
26	CENTRO-OESTE	GOIÁS	0,57034
27	CENTRO-OESTE	DISTRITO FEDERAL	0,268184

Fonte: Autores

cruzada:

Coleta e Apresentação dos dados microrregionais

Nesta parte do desenvolvimento foram escolhidas variáveis consideradas indispensáveis para a instalação de usinas nucleares, as variáveis abordadas foram:

- População microrregional dos estados brasileiros selecionados;
- Densidade demográfica microrregional dos estados brasileiros selecionados;
- Distância rodoviária das microrregiões dos estados brasileiros selecionados até Resende, RJ;
- Rodovias;
- Hidrovias.

Os dados microrregionais de população, densidade demográfica e distância rodoviária foram abordados com o mesmo intuito que as mesmas variáveis estaduais, contudo, para o desenvolvimento destas foi necessário meses de coleta para criar do banco de dados, pois o IBGE somente disponibiliza informações estaduais e municipais. Foram analisados dados de 2830 cidades que totalizaram 245 microrregiões.

A divisão microrregional foi analisada baseando se nos dados disponibilizados do IBGE.

As duas primeiras variáveis (população e densidade demográfica) foram coletadas no site do Instituto Brasileiro de Geometria e Estatística (IBGE) e organizadas no Excel, gerando um bando de dados para

cada estado.

Para o cálculo da distância rodoviária até Resende foi considerada a cidade principal de cada microrregião, uma vez que este trabalho se limita a calcular microrregiões ótimas para a instalação de novas usinas. Foi utilizada a mesma metodologia para o desenvolvimento desses cálculos, utilizando o Google Maps, onde rotas rodoviárias foram traçadas das microrregiões dos estados selecionados até a cidade de Resende, RJ.

Para a análise da variável rodovia, utilizou-se o mapa rodoviário disponibilizado no Ministério dos Transportes, onde se analisou visualmente com mapas impressos cada microrregião no intuito de verificar se havia rodovia ou não na microrregião; esta variável foi abordada, pois quando almeja instalar uma usina nuclear é necessário pensar em rotas de evacuação populacional em casos de incidentes.

No banco de dados utilizou-se código binário, considerando 1 para as microrregiões que são atravessadas por rodovias e 0 para as que não são. Da mesma forma avaliaram-se as hidrovias.

As hidrovias foram analisadas, pois necessita de água em abundância para o resfriamento dos reatores nucleares

Desta forma foi gerado um banco de dados microrregional para cada um dos seis estados selecionados, conforme exemplificado na tabela 3 referente ao estado de Santa Catarina.



Figura 1. Mapa Rodoviário Nacional.

Fonte: Ministério dos Transportes
(<http://www.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>)



Figura 2. Mapa Hidroviário Nacional.

Fonte: Ministério dos Transportes
(<http://www.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>)

Tabela 3. Banco de dados Santa Catarina.

MICRORREGIÃO	POPULAÇÃO	DENSIDADE	DISTANCIA	RODOVIA	HIDROVIA
São Miguel do Oeste (SC)	179680	825,99	1251	1	1
Chapecó (SC)	439032	1757,88	1156	1	1
Xanxerê (SC)	157652	531	1112	1	1
Joaçaba (SC)	346353	1075,69	1068	1	1
Concórdia (SC)	146847	498,42	1092	1	1
Canoinhas (SC)	254609	286,55	861	1	1
São Bento do Sul (SC)	135712	216,57	789	1	1
Joinville (SC)	959345	1340,13	798	1	1
Curitibanos (SC)	123198	202,34	1003	1	1
Campos de Lages (SC)	287951	227,6	1043	1	1
Rio do Sul (SC)	222223	881,74	959	1	1
Blumenau (SC)	770178	2049,51	877	1	1
Itajaí (SC)	681455	5978,37	880	1	1
Ituporanga (SC)	59470	252,89	992	1	0
Tijucas (SC)	107302	362,84	917	1	1
Florianópolis (SC)	998096	2754,61	967	1	1
Tabuleiro (SC)	25144	51,85	840	1	0
Tubarão (SC)	404558	2015,91	1086	1	1
Criciúma (SC)	403016	1985,14	1149	1	1
Araranguá (SC)	196684	1006,15	1162	1	1

Fonte: Autores

DEA - Resultados Microregionais

Para analisar as variáveis microregionais de acordo com os princípios da Análise envoltória de Dados, as tabelas microregionais dos estados selecionados foram editadas no formato txt., onde os dados foram configurados para serem rodados no SiadV3, conforme exemplificado abaixo para o estado de Santa Catarina.

Através do método de CCR, os dados foram desenvolvidos e gerou as respostas que foram organizadas em uma planilha para a finalização e melhor

visualização das microrregiões ótimas (eficiência igual a 1) para ampliação do parque termonuclear brasileiro.

Os dados foram organizados em uma planilha para a finalização e melhor visualização das microrregiões ótimas para ampliação do parque termonuclear brasileiro.

Conclusão

Concluimos que a análise envoltória de dados preconizada pela metodologia é eficaz para a seleção das

MICRO	POP	DENS	ROD	HID	DIST						
1	179680	825.99	1	1	1251	11	222223	881.74	1	1	959
2	439032	1757.88	1	1	1156	12	770178	2049.51	1	1	877
3	157652	531	1	1	1112	13	681455	5978.37	1	1	880
4	346353	1075.69	1	1	1068	14	59470	252.89	1	0	992
5	146847	498.42	1	1	1092	15	107302	362.84	1	1	917
6	254609	286.55	1	1	861	16	998096	2754.61	1	1	967
7	135712	216.57	1	1	789	17	25144	51.85	1	0	840
8	959345	1340.13	1	1	798	18	404558	2015.9	1	1	1086
9	123198	202.34	1	1	1003	19	403016	1985.1	1	1	1149
10	287951	227.6	1	1	1043	20	196684	1006.1	1	1	1162

Figura 3. Banco de Dados DEA de Santa Catarina.

Fonte: Autores

Tabela 4. Resultados do cálculo de CCR de Minas Gerais.

MICRORREGIÕES MG	EFICIENCIA	MICRORREGIÕES MG	EFICIENCIA
Unai (MG)	1	Conselheiro Lafaiete (MG)	0,342315
Paracatu (MG)	0,7135	Guanhães (MG)	0,621525
Januária (MG)	0,9875	Peçanha (MG)	0,747505
Januária (MG)	0,93722	Governador Valadares (MG)	0,577578
Salinas (MG)	1	Mantena (MG)	0,783433
Pirapora (MG)	0,7265	Ipatinga (MG)	0,55426
Montes Claros (MG)	0,834978	Caratinga (MG)	0,471749
Grão Mogol (MG)	1	Aimorés (MG)	0,611072
Bocaiuva (MG)	0,796115	Piui (MG)	0,440538
Diamantina (MG)	0,719561	Divinópolis (MG)	0,43014
Capelinha (MG)	0,824546	Formiga (MG)	0,378244
Araçuaí (MG)	0,961565	Campo Belo (MG)	0,323353
Pedra Azul (MG)	0,956778	Oliveira (MG)	0,358283
Almanara (MG)	0,963019	Passos (MG)	0,401794
Teófilo Otoni (MG)	0,776447	São Sebastião do Paraíso (MG)	0,561876
Nanuque (MG)	0,862886	Alfenas (MG)	0,267265
Ituiutaba (MG)	0,854714	Varginha (MG)	0,210762
Uberlândia (MG)	0,744395	Poços de Caldas (MG)	0,317365
Patrocínio (MG)	0,681383	Pouso Alegre (MG)	0,218563
Patos de Minas (MG)	0,596635	Santa Rita do Sapucaí (MG)	0,202595
Frutal (MG)	0,769694	São Lourenço (MG)	0,11477
Uberaba (MG)	0,655953	Andaraí (MG)	0,13307
Araxá (MG)	0,568667	Itajubá (MG)	0,149701
Três Marias (MG)	0,655765	Lavras (MG)	0,276021
Curvelo (MG)	0,565729	São João Del Rei (MG)	0,218836
Bom Despacho (MG)	0,464743	Barbacena (MG)	0,247534
Sete Lagoas (MG)	0,454709	Ponte Nova (MG)	0,379748
Conceição do Mato Dentro (MG)	0,590511	Manhuaçu (MG)	0,430493
Pará de Minas (MG)	0,462652	Viçosa (MG)	0,333632
Belo Horizonte (MG)	0,394619	Muriá (MG)	0,313004
Itabira (MG)	0,493274	Ubá (MG)	0,27713
Itaguara (MG)	0,406188	Juiz de Fora (MG)	0,207175
Ouro Preto (MG)	0,4002	Cataguases (MG)	0,27713

Fonte: Autores

Tabela 5. Resultados do cálculo de CCR do Paraná.

MICRORREGIÕES PR	EFICIENCIA	MICRORREGIÕES PR	EFICIENCIA
Paranavai (PR)	0,743376	Ponta Grossa (PR)	0,64377
Umuarama (PR)	1	Toledo (PR)	0,930047
Cianorte (PR)	0,760467	Cascavel (PR)	0,901861
Goioerê (PR)	0,881448	Foz do Iguaçu (PR)	1
Campo Mourão (PR)	0,765919	Capanema (PR)	1
Astorga (PR)	0,671478	Francisco Beltrão (PR)	0,875483
Porcari (PR)	0,66858	Pato Branco (PR)	0,854835
Florai (PR)	0,995963	Pitanga (PR)	1
Maringá (PR)	0,689629	Guarapuava (PR)	0,715999
Apucarana (PR)	1	Palmas (PR)	1
Londrina (PR)	0,921569	Prudentópolis (PR)	0,772417
Faxinal (PR)	0,929323	Irati (PR)	1
Ivaiporã (PR)	0,735415	União da Vitória (PR)	0,806655
Assaí (PR)	0,646629	São Mateus do Sul (PR)	0,874089
Cornélio Procopio (PR)	0,562066	Cerro Azul (PR)	1
Jacarezinho (PR)	0,545192	Lapa (PR)	0,872437
Ibaiti (PR)	1	Curitiba (PR)	0,514005
Wenceslau Braz (PR)	0,523724	Paranaguá (PR)	0,568934
Telêmaco Borba (PR)	0,744703	Rio Negro (PR)	0,65885
Jaguariaíva (PR)	0,682292		

Fonte: Autores

Tabela 6. Resultados do cálculo de CCR de Santa Catarina.

MICRORREGIÃO SC	EFICIENCIA	MICRORREGIÃO SC	EFICIENCIA
São Miguel do Oeste (SC)	1	Rio do Sul (SC)	0,766587
Chapacó (SC)	0,924061	Blumenau (SC)	0,701039
Xanxerê (SC)	0,980116	Itajaí (SC)	0,703437
João Cabana (SC)	0,853717	Ituporanga (SC)	1
Concórdia (SC)	0,975612	Tijucas (SC)	0,870872
Canoinhas (SC)	0,812793	Florianópolis (SC)	0,772982
São Bento do Sul (SC)	0,780625	Tabuleiro (SC)	1
Joinville (SC)	0,63789	Tubarão (SC)	0,868106
Curitibanos (SC)	1	Criciúma (SC)	918465
Campos de Lages (SC)	1	Araranguá (SC)	0,928857

Fonte: Autores

Tabela 7. Resultados do cálculo de CCR do Mato Grosso.

MICRORREGIÃO MT	EFICIENCIA	MICRORREGIÃO MT	EFICIENCIA
Aripuanã (MT)	1	Alto Guaporé (MT)	1
Alta Floresta (MT)	1	Tangará da Serra (MT)	0,784859
Colider (MT)	0,89193	Jauru (MT)	0,847163
Parecis (MT)	0,872009	Alto Paraguai (MT)	1
Arimos (MT)	0,831631	Rosário Oeste (MT)	1
Alto Teles Pires (MT)	0,476451	Cuiabá (MT)	0,654253
Sinop (MT)	0,82877	Alto Pantanal (MT)	0,707859
Paranatinga (MT)	1	Primavera do Leste (MT)	0,702383
Norte Araguaia (MT)	0,821329	Tesouro (MT)	0,804678
Canarana (MT)	0,71242	Rondonópolis (MT)	0,575392
Médio Araguaia (MT)	0,688121	Alto Araguaia (MT)	0,712737

Fonte: Autores

Tabela 8. Resultados do cálculo de CCR do Rio Grande do Sul.

MICRORREGIÃO RS	EFICIENCIA	MICRORREGIÃO RS	EFICIENCIA
Santa Rosa (RS)	0,805717	Restinga Seca (RS)	0,869237
Três Passos (RS)	0,731469	Santa Cruz do Sul (RS)	0,805324
Frederico Westphalen (RS)	0,681292	Lajeado-Estrela (RS)	0,70929
Ervalim (RS)	0,613967	Cachoeira do Sul (RS)	0,864828
Sananduva (RS)	0,647535	Montenegro (RS)	0,770863
Cerro Largo (RS)	0,851739	Gramado-Canela (RS)	0,728079
Santo Angelo (RS)	0,786204	São Jerônimo (RS)	0,79599
Ijuí (RS)	1	Porto Alegre (RS)	0,73382
Carazinho (RS)	0,690576	Osório (RS)	0,685804
Passo Fundo (RS)	0,65762	Camaquã (RS)	0,829904
Cruz Alta (RS)	0,76601	Campanha Ocidental (RS)	0,884713
Não-Me-Toque (RS)	0,906177	Campanha Central (RS)	0,992119
Soledade (RS)	1	Campanha Meridional (RS)	0,947049
Guaporé (RS)	0,704681	Serras de Sudeste (RS)	0,978144
Vacaria (RS)	0,623764	Pelotas (RS)	0,864823
Caxias do Sul (RS)	0,654489	Jaguarão (RS)	1
Santiago (RS)	0,871952	Litoral Lagunar (RS)	1
Santa Maria (RS)	0,804802		

Fonte: Autores

Tabela 9. Resultados do calculo de CCR de São Paulo.

MICRORREGIÃO SP	EFICIENCIA	MICRORREGIÃO SP	EFICIENCIA
Jales (SP)	0,923747	Amparo (SP)	0,366013
Fernandópolis (SP)	0,922762	Dracena (SP)	1
Votuporanga (SP)	0,852941	Adamantina (SP)	1
São José do Rio Preto (SP)	0,765795	Presidente Prudente (SP)	0,895425
Catanduva (SP)	0,754936	Tupã (SP)	1
Auriflama (SP)	1	Maria (SP)	0,836697
Nhandeara (SP)	0,903995	Assis (SP)	0,763617
Novo Horizonte (SP)	0,815291	Ourinhos (SP)	0,69281
Barretos (SP)	1	Itapeva (SP)	0,608907
São Joaquim da Barra (SP)	0,704793	Itapetininga (SP)	0,519361
Ituverava (SP)	0,790897	Tatui (SP)	0,442266
Franca (SP)	0,722222	Capão Bonito (SP)	0,583346
Jaboticabal (SP)	0,706156	Piedade (SP)	0,458433
Ribeirão Preto (SP)	0,62963	Sorocaba (SP)	0,396514
Batatais (SP)	0,778973	Jundiaí (SP)	0,350763
Andradina (SP)	1	Bragança Paulista (SP)	0,318083
Araçatuba (SP)	0,877589	Campos do Jordão (SP)	0,202511
Birigui (SP)	0,842048	São José dos Campos (SP)	0,199346
Lins (SP)	0,767845	Guaratinguetá (SP)	0,108388
Bauru (SP)	0,645969	Bananal (SP)	0,193094
Jau (SP)	0,586057	Parajibuna/Paraitinga (SP)	0,342589
Avaré (SP)	0,617815	Caraguatatuba (SP)	0,277778
Botucatu (SP)	0,561376	Registro (SP)	0,511246
Araraquara (SP)	0,561002	Itanhaém (SP)	0,413943
São Carlos (SP)	0,519608	Osasco (SP)	0,312636
Rio Claro (SP)	0,45207	Franco da Rocha (SP)	0,330065
Limeira (SP)	0,420479	Guarulhos (SP)	0,278867
Piracicaba (SP)	0,437908	Itapetininga da Serra (SP)	0,365854
Pirassununga (SP)	0,539507	São Paulo (SP)	0,295207
São João da Boa Vista (SP)	0,518002	Mogi das Cruzes (SP)	0,269063
Moji Mirim (SP)	0,417211	Santos (SP)	0,369281
Campinas (SP)	0,359477		

Fonte: Autores

Tabela 10. Microrregiões ótimas para instalações das usinas nucleares conforme as análises das variáveis

MICRORREGIÃO	EFICIENCIA
Adamantina (SP)	1
Alta Floresta (MT)	1
Alto Guaporé (MT)	1
Alto Paraguai (MT)	1
Andradina (SP)	1
Apucarana (PR)	1
Aripuanã (MT)	1
Auriflama (SP)	1
Barretos (SP)	1
Campos de Lages (SC)	1
Capanema (PR)	1
Cerro Azul (PR)	1
Curitibanos (SC)	1
Dracena (SP)	1
Foz do Iguaçu (PR)	1
Ibaiti (PR)	1
Ijuí (RS)	1
Irati (PR)	1
Ituporanga (SC)	1
Jaguarão (RS)	1
Litoral Lagunar (RS)	1
Paranatinga (MT)	1
Pitanga (PR)	1
Rosário Oeste (MT)	1
São Miguel do Oeste (SC)	1
Soledade (RS)	1
Tabuleiro (SC)	1
Tupã (SP)	1
Umuarama (PR)	1

Fonte: Autores

microrregiões, analisando as variáveis pertinentes para a ampliação do parque termo nuclear. Devido à crescente demanda energética no Brasil, se faz necessários estudos voltados para o tema abordado buscando a eficiência no fornecimento de energia elétrica.

Dentro do estudo de previsão de demanda de 30 anos ficou evidente que teremos que buscar soluções para garantir o fornecimento de energia, levando em consideração que a matriz energética brasileira gira em torno das hidroelétricas no que resulta na dominância de um tipo de fonte geradora, podemos diversificar a fonte geradora para que o sistema não sofra um colapso como o tão falado e marcante “Apagão de 2001” que resultou na falta de fornecimento de energia elétrica para a população, que foi obrigada a sofrer com o racionamento.

Uma das matrizes que poderá ser utilizadas é as termos nucleares que segundo a proposta desse trabalho existem 29 microrregiões ótimas para a instalação das usinas que poderá gerar energia suficiente para cobrir a defasagem calculada para os próximos 30 anos, visando então à auto-suficiência energética, embora não foi possível encontrar outros trabalhos e artigos publicados referente ao tema, esse trabalho pode corroborar para que num futuro próximo possamos de fato ter mais estudos com esse caráter gerando assim mais conhecimento e pesquisa sobre o assunto.

Referências

ACERVO ESTADÃO. Alta do petróleo faz país viver crise nos anos de 1970. Disponível em: <<http://acervo.estadao.com.br/noticias/acervo,alta-do-petroleo-fez-pais-viver-crise-nos-anos-1970,10618,0.htm>>. Acesso em: 08 mai. 2017.

AGENCIA NACIONAL DE ENERGIA ELETRICA. Produst. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/modulo-3>>. Acesso em: 01 mai. 2017.

ALQUÉRES, J. L. Energia para gerações. Rio de Janeiro, 2003.

ANDRADE, G. N.; SANTA'ANNA, A. P. Análise da evolução da eficiência de empresas de transmissão de energia elétrica. Relatório de Pesquisa em Engenharia de Produção, v. 11, n.2. Disponível em: <http://www.producao.ufr.br/index.php/relatorios-de-pesquisa-rpep> acesso em: 2017-05-06

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Portal da Agência Nacional de Energia Elétrica. Informações sobre o setor elétrico. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/>>. Acesso em: 2017-05-03

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA ELÉTRICA. Visão geral do setor. Disponível em: <<http://www.abradee.com.br/setor-eletrico/visao-geral-do-setor>>. Acesso em: 21 abr. 2017.

BERTRAND J. W. M.; FRASOO J.C. Modelling and simulation. Operations management research methodologies using quantitative modeling. International Journal of Operations & Production Management. Vol. 22, No 22, 2002. P. 241-264.

BIBLIOTECA IBGE. Divisão regional. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/gebis%20-%20rj/dr/b/divisao%20regional_v01.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2017.

CARDOSO, E. Apostila Educativa Energia Nuclear. Rio de Janeiro: CNEN, 2005. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>>.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. A história da energia nuclear. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/>

educativo/historia-da-energia-nuclear.pdf>. Acesso em: 02 mai. 2017.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR. Normas. Disponível em: <<http://www.cnen.gov.br/ensino/apostilas/energia.pdf>>. Acesso em: 02 abr. 2017.

ELETRONUCLEAR. Acesso a informação. Disponível em: <<http://www.eletronuclear.gov.br/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

ELETRONUCLEAR. Relatório de impactos ambientais. Disponível em: <http://www.eletronuclear.gov.br/portals/0/rimadeangra3/04_usinas.html>. Acesso em: 21 abr. 2017.

ENERGIA EFICIENTE. A crise energética brasileira. Disponível em: <<http://energiainteligenteuff.com/especial/especial-a-crise-energetica-brasileira/>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço Energético Nacional 2008: ano base 2007. Rio de Janeiro: EPE, 2008.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (Brasil). Balanço Energético Nacional 2009: ano base 2008. Rio de Janeiro: EPE, 2009.

GIROTTI, C. A. Estado Nuclear no Brasil. Ed. Brasiliense S. A., p. 13-227, 1984.

INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. Nuclear science. Disponível em: <<https://www.iaea.org/worldatom/>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

INSC: International Nuclear Societies Council. 2016. Disponível em: <<http://insc.ans.org/>>. Acesso em: 12 abr. 2017.

KAPLAN, I. Nuclear Physics. 1ª ed, Addison Wesley, p. 476-558, 1963

KASSAI, S. Utilização da Análise por Envoltória de Dados (DEA) na Análise de Demonstrações Contábeis. 1996. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Controladoria e Contabilidade da Universidade de São Paulo. São Paulo: FEA/USP.

KRANE, K. S., Introductory Nuclear Physics, 1ª ed, Ed. John Wiley & Sons, p. 478- 520, 1988.

KELECOM, A; GOUVEA, R. A percepção da Radioatividade por Estudantes de Nível Superior. Mundo & Vida vol 3(2) 2002. Disponível em: [http://www.ufr.br/cienciaambiental/mv/mv3/MV3\(2\)78-89.pdf](http://www.ufr.br/cienciaambiental/mv/mv3/MV3(2)78-89.pdf)

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. Econometrica, v.19, no.1, october 1951

MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O. Programas sociais: efetividade, eficiência e eficácia como dimensões operacionais da avaliação. Texto para discussão n. 787. Rio de Janeiro, abr. 2001. Disponível em: . Acesso em: 24 ago. 2006.

MELLO, J. C. CORREIA B. S.; MEZA, L. Â.; GOMES, E. G.; NETTO, L. B. Curso de Análise de Envoltória de Dados. XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Gramado – RS, 2005.

NUCLEAR REGULATORY COMMISSION. Nuclear reactors. Disponível em: <<https://www.nrc.gov/>>. Acesso em: 06 mai. 2017.

SISTEMA INTERLIGADO NACIONAL. Mapas. Disponível em: <http://www.ons.org.br/conheca_sistema/mapas_sin.aspx>. Acesso em: 26 mar. 2017.

MINISTÉRIO DA INFRAESTRUTURA. Mapas. Disponível em: <<http://www.infraestrutura.gov.br/rodovias-brasileiras.html>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

SHERMAN G. E, SUTTON T. BLAZEK R. HOLL S. DASSAU O. MORELY B. MITCHELL T. AND LUTHMAN L. 2015. Quantum GIS UserGuide - Version 2.10 “Pisa”. Acesso em: 25/10/2016. Disponível em: <http://qgis.org/pt_BR/site/>

SONZA, I. B; CERETTA, P. S. Utilização do DEA para análise da eficiência nos supermercados brasileiros. Anais do 5º Congresso USP: Iniciação Científica em Contabilidade. 2008.

TOLMASQUIM, M. T.; GUERREIRO, A.; GORINI, R. Matriz energética brasileira: uma prospectiva. Novos Estudos - CEBRAP, São Paulo, n. 79, p.47-69, nov. 2007.