



## MUDANÇAS NA MATRIZ ENERGÉTICA HÍDRICA NO BRASIL: ESTUDO ESTATÍSTICO A PARTIR DE REGRESSÃO MULTIVARIADA

**Paulo Reis Junior**<sup>1</sup>

**Rafael Elias Senger**<sup>2</sup>

**Mari Aurora Favero Reis**<sup>3</sup>

**Marcelo Gonçalves Trentin**<sup>4</sup>

### Ensino de Estatística e Probabilidade e Educação Ambiental

**Resumo:** A qualidade de vida da sociedade está diretamente relacionada ao desenvolvimento de tecnologias e ao consumo da energia elétrica. Ambas as ações demandam de recursos, que estão diretamente relacionados à sustentabilidade e avanços tecnológicos nas engenharias. Nessa pesquisa, a partir de uma investigação no curso de Engenharia Civil, dados quantitativos disponíveis na rede mundial de computadores foram relacionados, a partir de análises estatísticas de regressões lineares multivariadas. Os resultados proporcionaram associar dados de demandas e necessidades na geração de energia elétrica brasileira, demonstrando que os avanços tecnológicos e econômicos alcançados no Brasil estão sendo utilizados de forma inconclusiva. Há tendências de redução na produção de energia elétrica por recursos hídricos e, também, há tendência de aumento na geração de energia elétrica por derivados de petróleo. O cenário proporciona inferências para pesquisas futuras nas engenharias, de modo a avaliar a sustentabilidade energética da matriz elétrica brasileira.

**Palavras Chaves:** Sustentabilidade energética. Matriz hídrica. Regressão multivariada. Estatística.

## INTRODUÇÃO

A energia elétrica é considerada componente relevante na economia, uma vez que em qualquer parte do planeta o desenvolvimento econômico está intrinsecamente relacionado a certa demanda de energia elétrica eficiente e sustentável (DOVÌ et al., 2009; SOVACOOOL, 2009). Por outro lado, a segurança energética é relevante e, conforme relatado em outras pesquisas (BIELECKI, 2002), é preocupante quando se trata de insuficiências regionais no abastecimento, influenciando diretamente o setor produtivo.

Por conta disso, a energia elétrica caracteriza-se como uma das principais necessidades da humanidade, em todos os processos econômicos, de tal modo que

---

<sup>1</sup> Engenheiro de Produção. Professor na Universidade do Contestado, Campus de Concórdia (SC). Rua Victor Sopesla, 3000, Bairro Salete Concórdia - SC - CEP 89700-970. E-mail: [sr.reis.paulo@gmail.com](mailto:sr.reis.paulo@gmail.com)

<sup>2</sup> Engenheiro Civil. Universidade do Contestado, Campus de Concórdia - SC. E-mail: [rafaelsenger2@gmail.com](mailto:rafaelsenger2@gmail.com)

<sup>3</sup> Mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Doutoranda no PPGECIM. Professora de Física na Universidade do Contestado, Campus de Concórdia (SC). E-mail: [mariaaurorafavero@gmail.com](mailto:mariaaurorafavero@gmail.com)

<sup>4</sup> Professor do PPGEPS Universidade Tecnológica Federal do Paraná, (BRASIL).

se tornou fonte de recurso indispensável ao funcionamento da sociedade moderna, diferentemente de qualquer outro insumo de produção, por sua versatilidade, caracteriza por ser o desafio fundamental desta geração (BIELECKI, 2002).

A estatística torna-se uma das ferramentas que possibilita demonstrar essa realidade, que pode ser inserida nos cursos de engenharia. Neste caso, por exemplo, a análise dos dados sobre o desenvolvimento humano, econômico, climáticos deveriam fazer parte dos estudos em previsões de cenários futuros (MANFREN; CAPUTO; COSTA, 2011). Os autores consideram que esse tipo de análises depende da disponibilidade de dados completos e confiáveis, no formato adequado para os cálculos.

Durante banca de defesa em Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) na Engenharia, com análise estatística sobre a matriz energética brasileira, foram apresentados dados demonstrando um “enegrecimento”<sup>5</sup> da matriz energética brasileira (SENGER, 2016). Surgia, nesse contexto, a pergunta de pesquisa: *Quais as possíveis causas na redução da produção de energia elétrica a partir do uso da matriz hídrica no Brasil no período estudado?* O estudo resultou numa pesquisa construída a partir de dados disponíveis na rede mundial de computadores. A pesquisa tem como objetivo aplicar ferramentas matemáticas de análise estatística para regressão linear multivariada em pesquisas e no ensino de engenharia, especialmente no estudo da matriz energética brasileira.

## **METODOLOGIA**

A metodologia para a pesquisa está fundamentada na coleta e análise de dados quantitativos de domínio público, disponíveis na rede mundial de computadores, referentes ao período de 2010 a 2015. Os créditos e responsabilidade sobre a veracidade dos dados utilizados são de órgãos governamentais como: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), por meio do anuário brasileiro de balanço energético nacional (EPE, 2015, 2016) e Resenha Energética Brasileira (NEEE, 2016), de responsabilidade do Ministério de Minas e Energia; Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), onde foram acessados dados sobre População e do PIB, vinculado ao Ministério do Planejamento, Orçamento e

---

<sup>5</sup> O acadêmico utiliza o termo para retratar a redução da matriz renovável e aumento na matriz por derivados de petróleo.

Gestão; Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), vinculado ao Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, onde foram acessados os dados sobre precipitação pluviométrica no Brasil.

Para a análise dos dados coletados, foi utilizado computador pessoal como *hardware*. Quanto ao *software* optou-se pelo uso de planilhas eletrônicas *Excel*, devido a sua versatilidade e abrangência global. O *Excel* também foi utilizado por outros pesquisadores, como plataforma base na avaliação da produção de energia, custos do ciclo de vida e redução de emissões de gases residuais para vários tipos de tecnologias energéticas e medidas de eficiência (MANFREN; CAPUTO; COSTA, 2011).

A planilha eletrônica *Excel* possibilita a realização da regressão linear multivariada de dados numéricos, como os anteriormente mencionados. A utilização desta ferramenta estatística utiliza uma abordagem própria para uso em pesquisas científicas, como tem indicado pesquisa anterior a essa (TONIDANDEL; KING; CORTINA, 2016).

Fundamentada nas expertises relatadas pelos documentos, foram realizados testes e análises multivariadas relacionado as bases de dados. Inicialmente, foi realizada a análise para as seguintes variáveis: produção de energia elétrica no Brasil; produção de energia elétrica por derivados de petróleo no Brasil; produção de energia elétrica de origem hídrica e capacidade de geração elétrica hídrica instalada.

Ao analisar a relação entre a produção elétrica hídrica associada aos índices pluviométricos foi necessário acessar banco de dados obtidos por estação meteorológica convencional, num período de 10 anos. Neste processo, foi necessário a realização de um cadastro da pesquisa no Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (INMET, 2016). Na posse dos dados foi realizada a análise dos índices pluviométricos anual para o período estudado. Também foram avaliadas as variáveis produto interno bruto (IBGE, 2016) e consumo de energia elétrica industrial.

A partir da análise é possível verificar que a representação gráfica dos coeficientes de variação contextualiza os resultados, permitindo a combinação de variáveis ou, ainda, oportuniza descoberta sobre proporções e fatos desconsiderados.

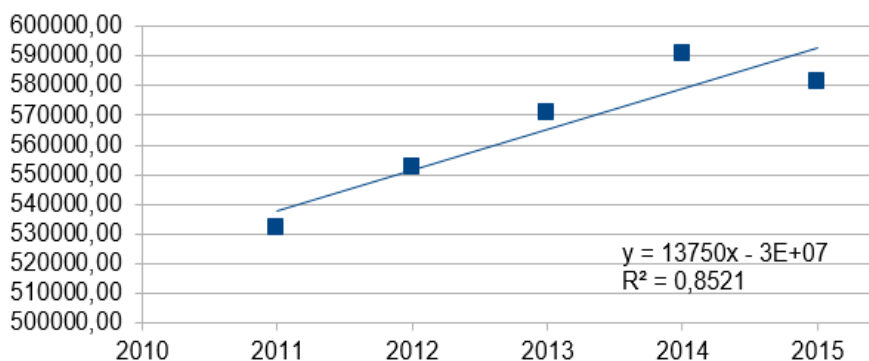
Considerando a necessidade de relacionar as variáveis, avaliando contexto entre as mesmas, foi realizado testes estatísticos através de regressão multivariada para as variáveis: demanda de energia elétrica; dados do PIB; capacidade instalada de geração hidráulica e a precipitação média no Brasil. Posteriormente, as variáveis crescimento populacional e demanda de energia elétrica residencial também foram avaliadas pelos dois métodos (uni e multivariada).

## RESULTADOS DA PESQUISA

As ações, na busca de respostas à questão levantada no início deste estudo, tiveram como base o estudo de análise de dados quantitativos do Anuário Brasileiro de Balanço Energético Nacional (EPE, 2015, 2016). Dados do EPE demonstram que a expansão no aumento das emissões de gases de efeito estufa (GEE), oriundas do uso de petróleo, carvão e gás natural das usinas que compõem o Sistema Interligado Nacional (SIN), apresentaram expansão de 43,4%, 24,2% e 17,5% em relação a 2013 (EPE, 2015).

Inicialmente foi realizada a análise da produção de energia elétrica no período de 2011 a 2015. Os resultados dessa análise demonstraram, conforme representação gráfica, aumento na produção de energia elétrica no Brasil em 9,35% (gráfico 1). A análise da geração de energia elétrica no Brasil (2011 a 2015) tem o  $R^2$  indicando tendência futura de aumento (85,21%). Mesmo considerando que “o Brasil permanece na liderança entre os países com maior participação das fontes renováveis em sua matriz” (EPE, 2015, p. 8).

Gráfico 1 - Resultados da análise da produção de energia elétrica no Brasil (2011-2015)



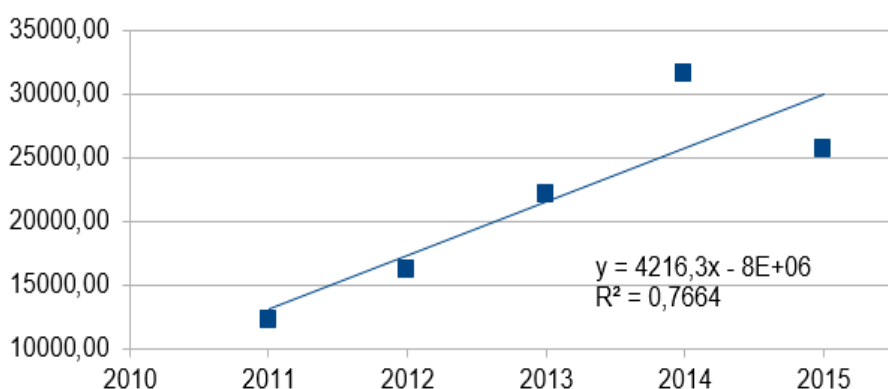
Fonte: Dos autores, a partir da tabela 2.3 do anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2016)

Uma análise comparativa entre as matrizes de produção de energia demonstrou a origem da matriz energética com maior crescimento, em participação, onde destaca-se as provenientes de derivados de petróleo, considerada fonte de energia não renovável (EPE, 2015). E, o documento aponta a matriz hídrica, considerada fonte de energia renovável, com maior retrocesso no período investigado.

A geração de energia elétrica por fontes hídricas e por fontes derivadas do petróleo, foram avaliadas de forma independente. A relação entre as variáveis, na análise estatística, demonstrou que a regressão linear tem como propósito identificar a tendência no período estudado.

O resultado da análise dos dados demonstrou que houve um aumento de 109,68% na produção de energia elétrica por derivados de petróleo durante o período estudado (Gráfico 2). E, no cálculo do  $R^2$ , para a geração com derivados de petróleo, o resultado indica cenário futuro com alguma dispersão e apresenta série histórica com possibilidade de 76,63%, na tendência futura de aumento do uso dessa fonte de energia elétrica.

Gráfico 2 - Geração de energia elétrica por derivados de petróleo

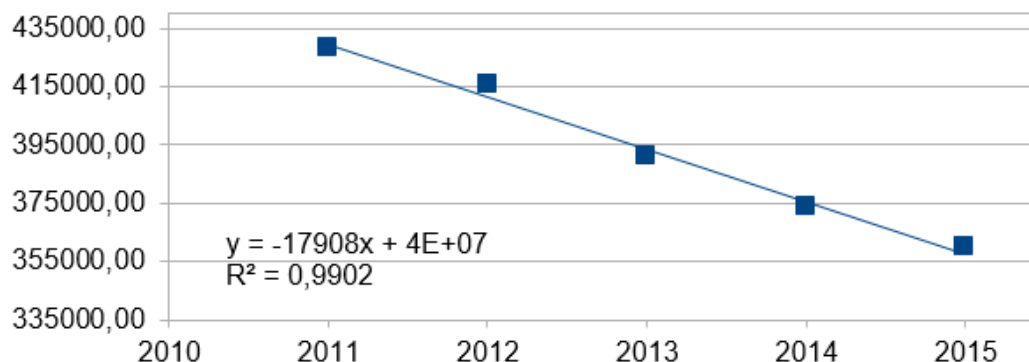


Fonte: Dos autores, a partir da tabela 2.3 do anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2016).

Quando analisado o cenário na geração de energia elétrica hídrica, o resultado foi inverso, demonstrando uma redução na produção de energia com recursos hidráulicos de 16,01%, no período (Gráfico 3). Nesse caso, o resultado do  $R^2$  demonstrou um cenário de baixa dispersão, com possibilidade 99,02% de

tendência futura de redução. Essa tendência também foi retratada em documento posterior (NEEE, 2016) à publicação do anuário.

Gráfico 3 - Geração de energia elétrica a partir da matriz hídrica.

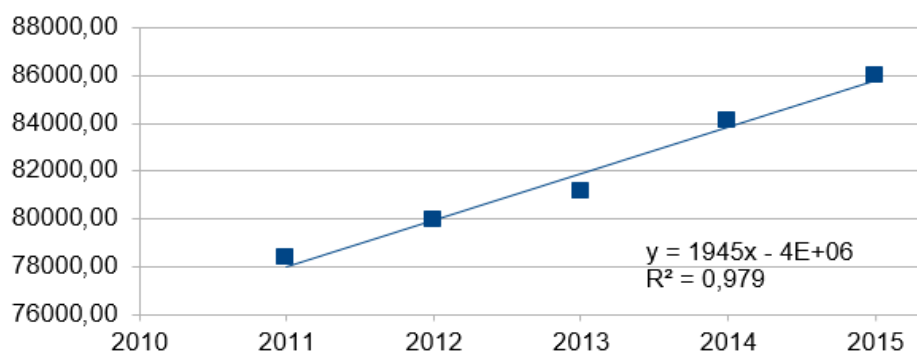


Fonte: Dos autores, a partir da tabela 2.3 do anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2016).

Os resultados anteriores, da redução da produção de energia elétrica por fontes hídricas, sugerem a análise de fatores que poderiam estar relacionados aos resultados para esse cenário. Inicialmente, considerou-se relevante a análise da capacidade de geração hidráulica instalada, afim de verificar se a mesma está no limite técnico de produção. E, nesse caso, qualquer variação no potencial hídrico poderia estar associada ao uso de outra fonte geradora de energia elétrica.

Os dados da tabela 2.2 (EPE, 2015, p. 57), do anuário estatístico de energia elétrica, no proporcionou dados da Capacidade instalada de geração elétrica no Brasil (MW). Os números demonstram ter ocorrido aumento na capacidade instalada hidráulica de 9,77%, conforme demonstra o gráfico a seguir (Gráfico 4). A análise da capacidade instalada hidráulica apresentou  $R^2$  que indica cenário futuro com baixa dispersão e apresenta série histórica com possibilidade de 97,90% de tendência futura de aumento.

Gráfico 4 - Capacidade hídrica instalada no período estudado (MW).



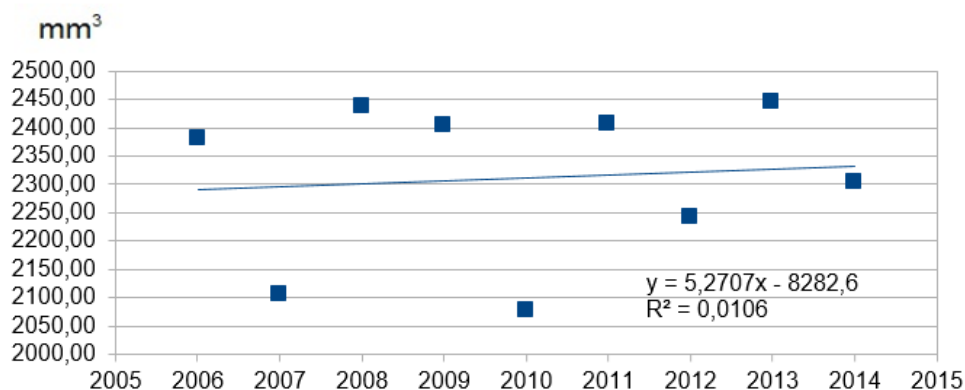
Fonte: Dos autores, a partir da tabela 2.2 do anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2016).

Outro fator que pode ser considerado relevante, ao investigar o cenário apresentado nas análises anteriores, é a avaliação dos índices de precipitação. O anuário relata ter ocorrido uma redução entre os anos de 2013 e 2014 nos índices pluviométricos e, conseqüentemente, redução na geração por hidroelétricas. O documento aponta que a “queda de 4,5% sobre o valor produzido em 2013, em decorrência da estiagem prolongada, e que persistiu até o início de 2015” (EPE, 2015, p. 7). Outras publicações justificam a redução da geração pelas hidroelétricas por dois fatores: “baixo regime de chuvas dos últimos anos e os sucessivos aumentos na capacidade instalada a carvão propiciaram uma maior geração por esta fonte” (NEEE, 2016, p. 21).

Os dados analisados demonstram que a demanda de energia elétrica no período investigado, aumentou em 9,35% e a capacidade instalada de hidroelétricas em 9,77%, ou seja, a redução na produção elétrica com recursos hídricos e o aumento na capacidade instalada na geração hídrica, resultou em 23,48% de aumento na ociosidade das hidroelétricas no ano de 2015 em função de 2011.

A partir dessa afirmação, acessou-se o banco de dados meteorológicos, a fim de analisar e evidenciar esse fato a partir da análise dos índices pluviométricos das estações convencionais distribuídas no território nacional, através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2016), para os últimos 10 anos (2006 a 2015). A pesquisa aponta uma média de precipitação anual no Brasil de 2311,57 mm<sup>3</sup>, para a última década. Os registros de dados históricos, indicam certa estabilidade nas precipitações no período (Gráfico 5).

Gráfico 5 - Índices de precipitação média no Brasil no período de 2006 a 2015.



Fonte: Dos autores, a partir do banco de dados de precipitações nos últimos dez anos, fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

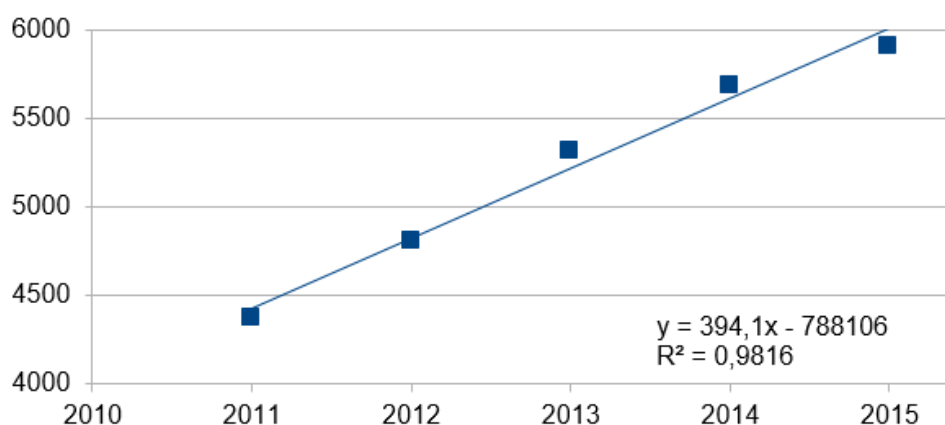
Devido ao fato de se tratar de uma variável climática e, também, por haver a disponibilidade de dados que permitisse ampliar o período, considerou-se relevante expandir o período para 10 anos na análise do  $R^2$ , proporcionando maior significância na média da precipitação no Brasil. Neste indicador o cenário futuro apresenta dispersão dos dados ao longo da linha sem tendência definida, ou seja, apresenta série histórica estável com possibilidade 1,06% de tendência futura de aumento. Os dados climáticos demonstraram maior variação, no aumento dos índices de precipitação no ano de 2011 (4,15%, acima da média histórica) e 2013 (5,77%). Houveram as maiores reduções nos índices em 2012 (3,01%) e 2014 (0,37%).

A partir da falta de evidência nos dados analisados, outros fatores apontados pelo anuário, diretamente relacionados às variáveis estudadas nas análises anteriores foram considerados. O anuário relata como maiores consumidores o setor residencial e industrial, durante o período estudado (EPE, 2015).

Neste contexto, a fim de analisar o setor de maior consumo, neste caso o industrial, é possível relacionar os índices de desenvolvimento econômico (PIB) à demanda industrial. No gráfico é possível identificar uma série de dados, demonstrando uma linha de ascensão para o período investigado (Gráfico 6). Os dados no período de 2011 a 2015 indicam aumento no PIB de 34,98%. O coeficiente de variação ( $R^2$ ) indica cenário futuro com baixa dispersão e série histórica com possibilidade de 98,16% de tendência futura de aumento.



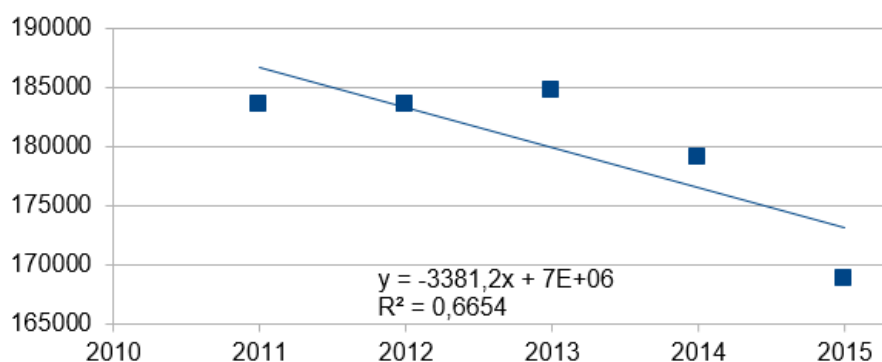
Gráfico 6 - Índices anuais do Produto Interno Bruto (em bilhões de reais).



Fonte: Dos autores, a partir de dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Quando analisamos a consumo de energia elétrica na indústria, nesse período, o cenário indica o inverso: uma redução de 8,02% no período (Gráfico 7). Portanto, se for considerada a energia elétrica como insumo relevante para a produção de capital, os resultados indicam aumento na eficiência energética industrial, em função do PIB (IBGE, 2016).

Gráfico 7 - Consumo de energia elétrica no setor industrial (GWh).



Fonte: Dos autores, a partir do anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2016).

E, nesse estudo, obtivemos como  $R^2$  um valor de 66,53% para o consumo industrial de energia elétrica, indicando cenário futuro com dispersão dos dados ao longo da linha de tendência para série histórica que apresenta tendência de redução.

A análise dos dados, realizadas isoladamente, não foram suficientes para prover uma resposta que contextualize o cenário apresentado, respondendo nossa

pergunta da pesquisa. Por conta disso, tornou-se coerente a utilização de regressão linear multivariada com objetivo de encontrar quais variáveis podem explicar o cenário investigado. A análise de regressão linear multivariada foi realizada utilizando, como variável dependente, a demanda de energia elétrica. Como variáveis independentes os dados do PIB, capacidade instalada de geração hidráulica, a precipitação média no Brasil (Tabela 1).

Tabela 1 - Regressão multivariada de dados iniciais.

<i>Estatística de regressão</i>	
R múltiplo	0,98
R-Quadrado	0,97
R-quadrado Aj	0,87
Erro padrão	8547,63
Observações	5

	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	3	2145581624	715193875	9,789	0,230
Resíduo	1	73062029	73062029		
Total	4	2218643654			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrão</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>
Interseção	861831,05	448146,611	1,9231007	0,305	-4832411,547
Hidráulica	-6,71	6,23641673	-1,075281	0,477	-85,94708859
Precipitação	-41,34	60,2437608	-0,686135	0,617	-806,8049357
PIB	67,02	29,8601195	2,2443196	0,267	-312,3931398

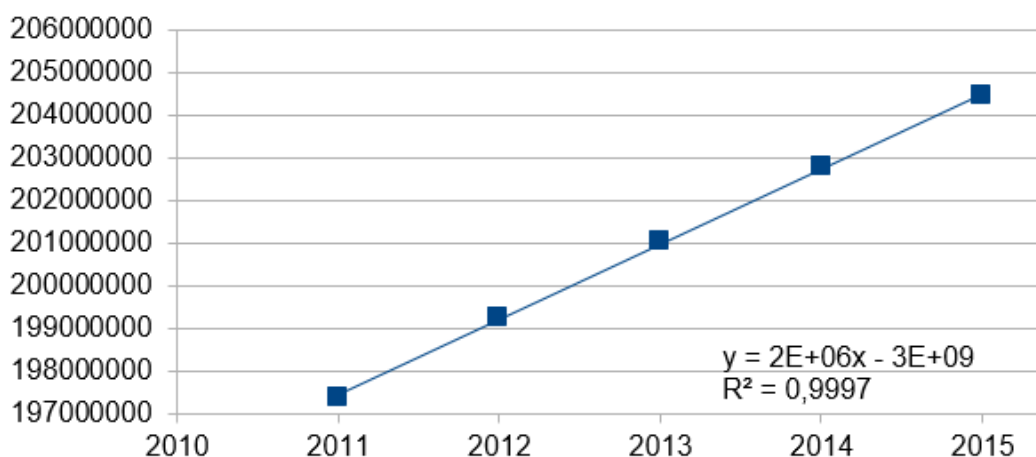
Fonte: Dos autores, a partir de dados analisados nos gráficos anteriores.

A regressão linear multivariada apresentou valor para o “F de significância” maior que 0,05, o que se entende como modelo de análise incapaz de explicar o cenário e, portanto, o modelo retornou dados de saída para o “valor-P” que são ineficientes como resultados.

Deduzindo que o consumo influencia os resultados na expansão da geração de energia elétrica com derivados de petróleo e, após a constatação de que não apenas o consumo industrial é responsável (uma vez que reduziu o consumo), cabe analisar outro consumidor potencial. Neste caso, cabe analisar se o crescimento populacional, vinculado ao consumo de energia elétrica residencial, é variável relevante nesse cenário.

Com posse nos dados do IBGE, constatou-se um crescimento populacional no período (2011 a 2015) estudado de 3,57% (Gráfico 8), índice semelhante ao apresentado no anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2015), que apresenta uma valor médio de 0,9%/ano. A análise do crescimento populacional do Brasil apresentou como  $R^2$  de 99,96%, na tendência futura de aumento, indicando cenário futuro com baixa dispersão na série histórica.

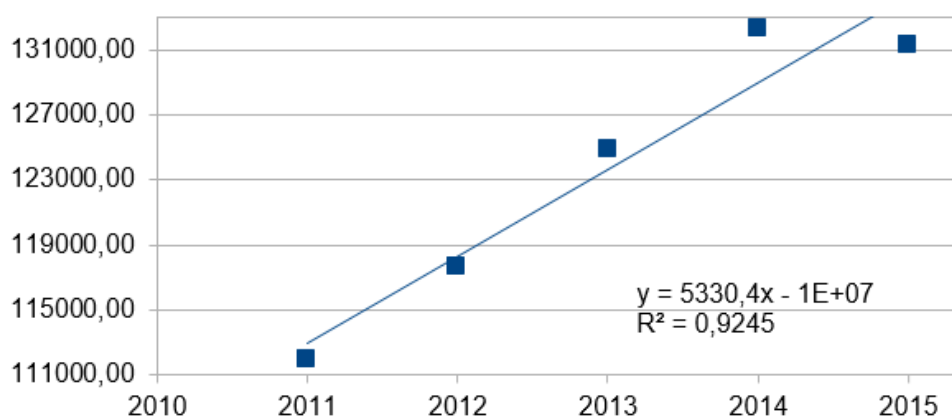
Gráfico 8 - Índices anuais do Aumento Populacional.



Fonte: Autores 2017, a partir de dados publicados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2016).

Ao analisar a linha de tendências do crescimento populacional, pode ser relevante avaliar a variável aumento no consumo de energia elétrica residencial, proporcionando subsídios na investigação da expansão da geração de energia elétrica no Brasil. Os índices na demanda de consumo residencial demonstraram expansão em 2014, conforme relatado no anuário (EPE, 2015), influenciando na expansão na geração de energia elétrica (Gráfico 9). O teste de  $R^2$  do consumo residencial de energia elétrica confirma esse fato. O coeficiente indica cenário futuro com baixa dispersão dos dados ao longo da linha e, a série histórica apresenta tendência de aumento com possibilidade de 92,45%.

Gráfico 9 - Consumo de energia elétrica para uso residencial (GWh).



Fonte: Dos autores, a partir do anuário estatístico de energia elétrica (EPE, 2016).

Ao analisarmos os dados, de modo isolado, da população e da demanda residencial, os resultados indicam certa probabilidade de haver alguma influência desses no cenário da demanda de energia elétrica. Cabe destacar, que os resultados de  $R^2$ , na análise dessas variáveis, apresentaram inclinações que demonstram certa conformidade. Para avaliar se essa hipótese apresenta certa coerência, realizou-se, novamente, a análise de regressão linear multivariada com o propósito de identificar variáveis que possam explicar o cenário de aumento da demanda de energia elétrica no período (Tabela 2).

Tabela 2 - Regressão multivariada de dados finais (crescimento populacional e consumo residencial).

<i>Estadística de regressão</i>					
R múltiplo		1,00			
R-Quadrado		0,99			
R-quadrado Aj		0,98			
Erro padrão		3163,42			
Observações		5			

<i>ANOVA</i>					
	<i>gl</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F</i>	<i>F de significação</i>
Regressão	2	2,2E+09	1,1E+09	109,852	0,009
Resíduo	2	20014434	10007217		
Total	4	2,22E+09			

	<i>Coefficientes</i>	<i>Erro padrãc</i>	<i>Stat t</i>	<i>valor-P</i>	<i>95% inferiores</i>
Interseção	770584,45	353452,9	2,180161	0,161	-750200,77
População	0,00	0,002164	-1,51408	0,269	-0,012585932
consumo Resi	3,67	0,688348	5,326442	0,033	0,704722897

Fonte: Autores, a partir de dados analisados nos gráficos anteriores.

A análise de regressão linear multivariada, utilizando como variável dependente a demanda de energia elétrica e como variáveis independentes o crescimento populacional, com a demanda de energia elétrica residencial,

apresentou valor para o “F de significância” menor que 0,05. Este resultado pode explicar o cenário investigado, da relação entre demanda de energia elétrica com o aumento no consumo de energia elétrica residencial. O teste de saída para o “valor-P” apresenta valor menor que 0,05 indicando relação de influência entre as variáveis.

Os resultados dos dados analisados neste estudo indicam a possibilidade de haver influência no aumento médio da demanda de energia elétrica residencial (1,87% por ano), em relação ao aumento nos índices de produção de energia elétrica no Brasil. É possível destacar que o aumento foi duas vezes maior que o crescimento médio da populacional (0,9% por ano), durante o período estudado.

Ao compararmos com a demanda industrial, o resultado foi o inverso, uma vez que ao ser analisado o consumo de energia elétrica com o crescimento econômico, o setor industrial apresentou redução média no consumo de energia elétrica em 1,6% ao ano. Também, demonstrou um crescimento médio do PIB de 6,99% ao ano. Portanto, o paradigma da associação do crescimento do PIB versus aumento no consumo de energia elétrica industrial não apresentou relação de significância.

Quanto à possibilidade de escassez hídrica no Brasil, o estudo dos índices de precipitação dos dados coletados e analisados nessa pesquisa, demonstraram certa estabilidade, ao longo do período, considerando-se a totalidade do território brasileiro. Em especial, no ano de 2013 os resultados de produção de energia elétricas, declaradas pela EPE, foram inversamente proporcionais aos dados de precipitação, com aumento de 5,77% nas precipitações e uma redução na produção de energia elétrica com recursos hídricos de 5,85%, demonstrando não haver relação.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Pesquisas anteriores relatam que as usinas hidrelétricas são estáveis quanto ao funcionamento, podendo operar continuamente, podendo armazenar seu insumo principal (a água) quando há abundância, para utilizá-la nas épocas de escassez (FARIA; KNISS; MACCARI, 2012). Os autores afirmam, também, que são raros os momentos em que as usinas hidrelétricas diminuem sua produção de energia,

exceto quando ocorrem longos períodos de estiagem.

Nessa situação o SIN<sup>6</sup> de responsabilidade do Operador Nacional do Sistema elétrico (ONS), tem como fundamento a coordenação, o controle da operação de geração e da transmissão de energia elétrica (EPE, 2015), podendo dispor do intercâmbio de energia elétrica entre as regiões do sistema interligando as mesmas. Essa possibilidade reduz significativamente a dependência de outras fontes, em caso de escassez hídrica.

A realização dessa pesquisa, a partir de dados de estudos estatísticos pertinentes a matriz energética brasileira, no período de 2011 a 2015, proporcionou poucas evidências conclusivas pertinente à pergunta de pesquisa: *Quais as possíveis causas na redução da produção de energia elétrica a partir do uso da matriz hídrica no Brasil no período estudado?* Entretanto, evidenciou algumas pressuposições importantes para pesquisa, especialmente na área das engenharias.

Em primeiro lugar, é possível destacar a complexidade no estudo da matriz elétrica brasileira. Trata-se de um país próspero em recursos naturais, com vastas extensões territoriais e com diferentes variações climáticas ao logo do território. Conforme demonstram as análises, houve evidência de expansão da matriz energética proveniente de derivados de petróleo e retrocesso na produção por recursos hídricos. Essas duas constatações demonstram que há pouca evidência na influência de variações climáticas em relação a produção de energia elétrica. Os fatores e dados são insuficientes para fundamentar a causa na redução da oferta de energia pela matriz hídrica.

Quanto ao uso de ferramentas estatísticas em análises dessa natureza nas engenharias, o estudo demonstra que elas podem ser de grande valia como situação contexto no ensino e na pesquisa. O estudo demonstra oportunidade e/ou necessidade na inserção de metodologias que evidenciam as ações em conservação da energia elétrica, especialmente em usos residenciais. Tais metodologias poderiam ser aplicadas em propostas políticas e pedagógicas para o ensino nas engenharias, sendo de grande relevância para a sustentabilidade do país.

## REFERÊNCIAS

---

<sup>6</sup> SIN - Sistema Interligado Nacional. Leis nº 9.648, de 1998 e 10.848 de 2004, Resolução Normativa Aneel n. 109, de 26 de outubro de 2004.

BIELECKI, J. Energy security: is the wolf at the door? **The Quarterly Review of Economics and Finance**, v. 42, n. 2, p. 235–250, jun. 2002.

DOVÌ, V. G. et al. Cleaner energy for sustainable future. **Journal of Cleaner Production**, v. 17, n. 10, p. 889–895, jul. 2009.

EPE. Summary for Policymakers. In: INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (Ed.). . **Climate Change 2013 - The Physical Science Basis**. 2014. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2015. p. 1–30.

EPE. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica**. 2015. ed. Brasília: MME, 2016.

FARIA, R. C.; KNISS, C. T.; MACCARI, E. A. SUSTENTABILIDADE EM GRANDES USINAS HIDRELÉTRICAS. **Revista de Gestão e Projetos**, v. 3, n. 1, p. 225–251, 1 abr. 2012.

IBGE. **Produto Interno Bruto (PIB)**. Disponível em: <<http://brasilemsintese.ibge.gov.br/contas-nacionais/pib-valores-correntes.html>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

INMET. **BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

MANFREN, M.; CAPUTO, P.; COSTA, G. Paradigm shift in urban energy systems through distributed generation: Methods and models. **Applied Energy**, v. 88, n. 4, p. 1032–1048, abr. 2011.

NEEE. **Resenha Energética Brasileira - Exercício de 2015**. 2015. ed. Brasília: Ministério de Minas e Energia, 2016.

SENGER, R. E. **Análise estatística da matriz energética brasileira e suas interações socioeconômicas**. Concórdia (SC)TCC - Universidade do Contestado (UnC), , 2016.

SOVACOOOL, B. K. Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States. **Energy Policy**, v. 37, n. 11, p. 4500–4513, nov. 2009.

TONIDANDEL, S.; KING, E. B.; CORTINA, J. M. Big Data Methods: Leveraging Modern Data Analytic Techniques to Build Organizational Science. **Organizational Research Methods**, v. 22, p. 1–23, 16 nov. 2016.