ESPAÇO EM REVISTA

ISSN: 1519-7816

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, UTILIZANDO SÉRIES TEMPORAIS, EM UM CAMPUS UNIVERSITÁRIO

Marcelo José Pereira
Mestre na Universidade Federal de Uberlândia
E-mail: marcelojose@ufu.br

Resumo
A sociedade tem presenciado um avanço tecnológico intenso desde a Revolução Industrial e que se acentuou no final da década de 1990 e início dos anos 2000 e tem se mantido em níveis elevados. Este avanço tecnológico tem acentuado a dependência e demandado, cada vez mais, geração de energia elétrica. Diante da relevância que a energia elétrica assume para as sociedades modernas e a necessidade de sua conscientização para o uso racional deste recurso, o presente trabalho destaca a importância do papel das instituições de ensino superior (IES), na formação de cidadãos ambientalmente conscientes para o uso racional dos recursos naturais e em especial para a energia elétrica. A análise se baseou no comportamento da utilização da energia elétrica na Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sendo realizada a partir da série histórica dos registros de demanda e consumo, do campus Santa Mônica. As análises estatísticas realizadas possibilitaram a modelagem das séries temporais, permitindo, assim, a caracterização do seu comportamento de utilização de energia elétrica. A eficiência energética, vinculada à redução do consumo, mostrou-se relevante sob dois aspectos: i) associada à conservação dos recursos ambientais e; ii) vinculada às questões inerentes à gestão, como a melhoria da qualidade dos gastos com a redução de custos e do desperdício.
Palavras-chave: Eficiência energética. Instituições de Ensino Superior. Eletricidade.

ANALYSIS OF THE USE OF ELECTRIC POWER, USING TIME SERIES, IN A UNIVERSITY CAMPUS

Abstract
Society has witnessed an intense technological advance since the Industrial Revolution, which increased in the late 1990s and early 2000s and has remained at high levels. This technological advance has accentuated the dependence and demanded, more and more, generation of electric energy. In view of the relevance that electric energy assumes for modern societies and the need for their awareness of the rational use of this resource, this paper highlights the importance of the role of Higher Education Institutions (HEI) in the formation of environmentally conscious citizens for the rational use of natural resources and especially for electric energy. The analysis was based on the behavior of the use of electric energy at the Federal University of Uberlândia (UFU), being carried out from the historical series of demand and consumption records, of the Santa Mônica campus. The statistical analyzes carried out made it possible to model the time series, thus allowing the characterization of their electrical energy usage behavior. Energy efficiency, linked to reduced consumption, was relevant in two aspects: i) associated with the conservation of environmental resources and; ii) linked to issues inherent to management, such as improving the quality of spending on reducing costs and waste.
Keywords: Energy Efficiency. Institution of higher education. Electricity.

Introdução

A energia elétrica fundamentou-se, historicamente, como um bem de consumo essencial para as sociedades modernas, nas suas atividades e interconexões seja na área produtiva, tecnológica, intelectual ou recreativa. Neste sentido, a preocupação deste estudo, em consonância com os esforços do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), se volta ao aumento progressivo e acentuado do consumo e da demanda por eletricidade, assim, destaca-se o enfoque na eficiência energética, na busca por uma geração e utilização racionais, pautadas na qualidade ambiental.

A preocupação quanto à eficiência energética e os danos causados ao meio ambiente estão diretamente relacionados aos custos ambientais necessários para obtenção e utilização destas fontes de energia, quer seja pela exploração predatória de reservas, como o petróleo, carvão mineral entre outras, quer seja pela emissão de gases de efeito estufa (GEE). Na busca gradual pela diminuição da interferência antrópica no meio ambiente, a consolidação dos pressupostos do desenvolvimento sustentável e o avanço tecnológico, Lund (2006) afirma que as fontes de energias alternativas/ renováveis tem se tornado imprescindível para a diversificação da matriz energética mundial.

Neste sentido as Instituições de Ensino Superior (IES), segundo Gallardo et al. (2016) desempenham papel relevante no contexto ambiental- energético, principalmente sob o aspecto da energia elétrica, destacando sua função formadora, não apenas do ponto de vista técnico, mas considerando a formação de cidadãos conscientes e responsáveis para as questões sócio- econômico- ambientais. E complementarmente sob a perspectiva do planejamento e aplicação das questões inerentes à gestão energética, com o uso racional deste recurso, reduzindo assim os custos e o desperdício, e em cumprimento às normas que regulamentam a utilização de energia elétrica, sendo uma referência para a sociedade, alinhando seu discurso à suas práticas. O estudo do comportamento temporal da demanda e do consumo de energia elétrica quer seja em escala macro (como para o país, estados ou cidades) ou escala micro (como para uma empresa ou uma instituição específica) se tornam fundamentais na tomada de decisões e nas mudanças de atitudes por parte de gestores e/ou consumidores.

Considerando essa perspectiva, a ciência estatística tem apresentado e aperfeiçoado ferramentas de análises capazes de descrever o comportamento de variáveis, por meio de ajuste de modelos teóricos a dados observados e também ferramentas capazes de associar

covariáveis à explicação dos modelos selecionados. Com essas ferramentas estatísticas vislumbra-se tomadas de decisões com maior assertividade. Dentre as ferramentas estatísticas supracitadas encontram-se os modelos de séries temporais, que buscam estudar o comportamento da variável em análise por meio da decomposição em fatores passiveis de serem modelados (nível, tendência e sazonalidade). E na associação de variáveis destaca-se os métodos de suavização, correlação e os modelos de regressão.

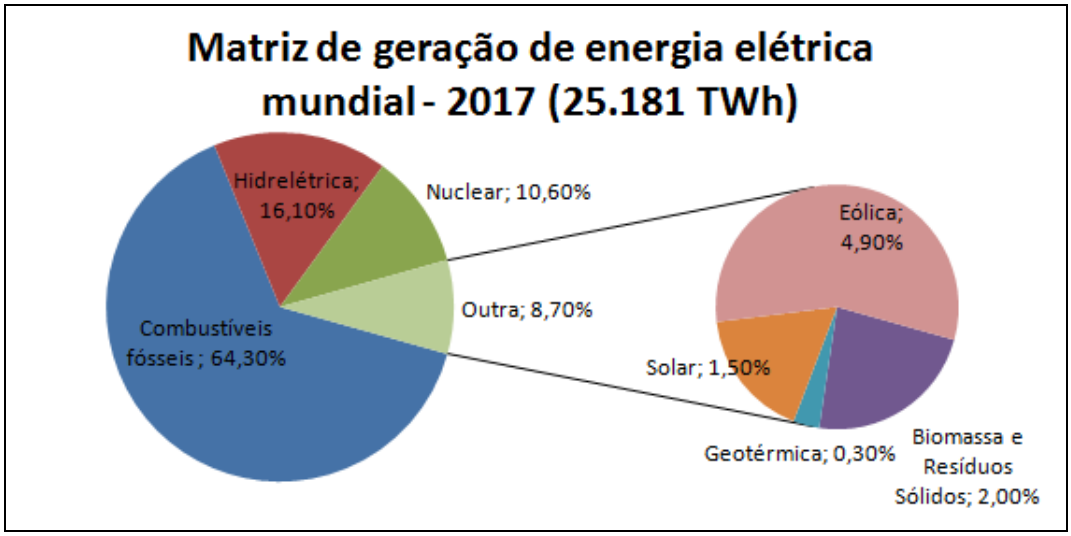
Buscou-se, com este trabalho, identificar e padronizar o registro das informações de consumo e demanda de energia elétrica, no campus Santa Mônica da UFU, com base nas faturas emitidas pela distribuidora, permitindo assim uma análise e um diagnóstico de seu desempenho, subsidiando as decisões da administração, visando a redução dos custos operacionais, como medida a curto prazo, e a eficiência energética e conservação dos recursos naturais, como medida de impacto à longo prazo.

Para tal, procurou-se analisar o comportamento de sua utilização de energia elétrica, viabilizando sua caracterização, por meio da verificação das características da série, como tendência e sazonalidade; avaliação da presença de ocorrências externas e suas possíveis contribuições; identificação de modelos estatísticos, utilizando séries temporais, para a demanda e consumo da energia elétrica e apontamento de ações que contribuam para o plano de gestão da UFU utilizando o modelo estatístico obtido e também os seus valores previstos, considerando as questões inerentes à eficiência energética.

Energia

Atualmente tem-se uma divisão da matriz energética mundial com uma concentração fortemente dependente de combustíveis fósseis o que apresenta algumas limitações dentre elas: exaustão das reservas; segurança no acesso aos combustíveis fósseis; degradação da saúde humana e das condições ambientais (GOLDEMBERG, 2015b). A configuração da matriz de geração de energia elétrica mundial, para o ano de 2017, está representada na Figura 1 (BRASIL, 2018).

Figura 1 – Geração de energia elétrica mundial por fonte (%)



Fonte: Adaptado de Resenha Energética Brasileira 2018. (BRASIL, 2018)

Considerando o cenário brasileiro, conforme apontado no documento, Brasil: Renováveis para o Desenvolvimento, a Empresa de Pesquisa Energética (2012), apresentou no âmbito da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável (Rio+20), as vantagens competitivas do país no setor energético a partir do alto percentual de fontes renováveis na sua matriz. O documento apresenta quatro abordagens para o tema: o desenvolvimento da matriz com baixo carbono, a contribuição da eficiência energética para as baixas emissões, o papel do etanol na área de transportes e o alto grau de renovabilidade no setor elétrico. Ainda de acordo com A Empresa de Pesquisa Energética (2012) ressalta-se, entre outros pontos, que: i) Apesar de ser a sexta economia do mundo, o Brasil respondia por apenas 1,2% (338 milhões de toneladas) das emissões mundiais de dióxido de carbono (CO2) devido à produção e ao uso da energia; ii) Em 2011, 44,1% da energia ofertada (272,3 milhões de toneladas equivalentes de petróleo) aos mais de 193 milhões de habitantes do país foram provenientes de renováveis, sendo a energia hidráulica e a biomassa as principais fontes; iii) Por conta da hidroeletricidade, o Brasil emite apenas 64g de CO2 para cada kWh produzido, enquanto a média mundial é de 500g.

Goldemberg (2015a, p. 43) afirma que o setor de energia no Brasil tem tido até recentemente características favoráveis a uma trajetória sustentável devido à elevada participação de energias renováveis na sua matriz energética. Esta situação é ameaçada hoje pela “carbonização” desta matriz devido a políticas equivocadas do Governo. Essa "carbonização" tratada por Goldemberg (2015a) se refere ao acréscimo da representação de

fontes de energia baseada na queima de combustíveis e consequente aumento na emissão de GEE, pelo incremento das termelétricas, que funcionam a base de carvão e gás natural.

Neste sentido ressalta-se também o papel do governo no planejamento das atividades energéticas, abordados por Goldemberg e Moreira (2005), observando alguns pontos chave:

> i) atender a demanda da sociedade por mais e melhores serviços de energia, diversificando as fontes de produção de energia, reduzindo assim o risco de eventual escassez ou crise de abastecimento; ii) estimular a participação de fontes energéticas sustentáveis e duradouras; iii) priorizar o uso eficiente da energia para liberar capital aos setores mais produtivos da economia e preservar o meio ambiente, atendendo aos pressupostos do desenvolvimento sustentável; iv) utilizar o investimento em energia como fonte de geração de empregos e de estímulo à indústria nacional (GOLDEMBERG; MOREIRA, 2005, p. 228).

Fontes de energia elétrica, a preocupação com a conservação dos recursos naturais e a busca pela eficiência energética

O cenário se apresenta muito pessimista a partir da proposição de Leite (2014) quando afirma que todos os empreendimentos, com o objetivo de produção de bens e serviços, com especial destaque para os de energia, trazem, como consequência, danos a natureza. É compreensível sua análise, mas pode-se afirmar que esforços têm sido envidados na busca por fontes de energia alternativas considerando os princípios da sustentabilidade e eficiência energética. Neste sentido Leite (2014) conclui que a inter-relação entre energia e ambiente é também inseparável do progresso da tecnologia e das inovações que dele decorrem.

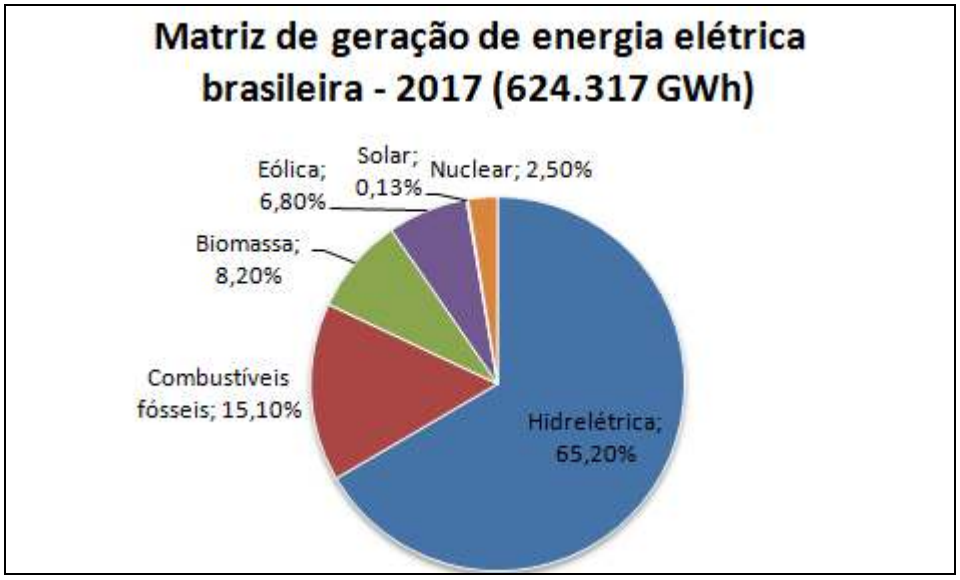
Mesmo sabendo da Primeira Lei da Termodinâmica que diz que todas as formas de energia são equivalentes e que a energia total do Universo é constante, é necessário e ainda mais importante, considerar a Segunda Lei da Termodinâmica que traz que não é possível utilizar todas as formas de energia com a mesma eficiência ou com a mesma facilidade. Assim, destaca-se como exemplos a situação da geração de energia elétrica no Brasil, conforme apontado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2013): os valores de investimento em tecnologia e o custo de suas produções frente à eficiência energética produzida pelas diversas fontes estudadas, sendo elas, os combustíveis fósseis, hidroelétricas, eólica, solar, térmica, nuclear, entre outras. Considerando neste caso, o custo (R$) da geração de energia em megawatt por hora (MWh) para algumas fontes: i) Hidrelétrica: R$85,00/MWh; ii) Eólica: 100,00/MWh; iii) Nuclear: R$160,00/MWh; iv) Gás natural:

R$395,00/MWh[1], é possível parametrizar o custo de produção, não incluindo nesta equação os custos referentes aos impactos socioambientais causados por esta produção, variável também de fonte para fonte.

Goldemberg (1979) afirma que apesar da finalidade de qualquer forma de energia ser a produção de trabalho, elas são diferentes, é necessário entender suas características para definir as escolhas. A questão está em identificar, entre as alternativas, o melhor custo benefício, levando em conta os princípios do desenvolvimento sustentável e da eficiência energética, e a adesão da sociedade, advinda de esforços educacionais ou compulsórios.

Com base nas questões relativas aos custos e o potencial hídrico disponível no Brasil, Goldemberg e Lucon (2007) destacam a forte base hidráulica presente na matriz elétrica brasileira, na Figura 2 fica evidente sua representatividade de aproximadamente 65% da energia elétrica gerada no Brasil, bem como a participação das outras fontes de energia renováveis e não renováveis, de acordo com a Resenha Energética Brasileira, BRASIL (2018).

Figura 2 – Geração de Energia Elétrica, por fonte, no Brasil, ano base 2017



Fonte: Adaptado de Resenha Energética Brasileira. (BRASIL, 2018).

Considerando esta concentração da matriz de energia elétrica brasileira em hidrelétricas, Pereira Filho (2015) analisa a sua vulnerabilidade, com a recente diminuição das chuvas e seus reflexos nos recursos hídricos do país, apresentando os possíveis e plausíveis

[1] Conforme apontado pela ANEEL/ CCEE (2013).

mecanismos dinâmicos e termodinâmicos associados à variabilidade e às mudanças climáticas e seus impactos no ciclo hidrológico global. Registra também a necessidade do setor elétrico de incorporar sistemas de monitoramento e previsão do tempo e do clima para melhorar o planejamento e a gestão dos recursos hídricos, e superar as lacunas dos modelos tradicionais fundamentados na hidrologia superficial clássica e em métodos estatísticos e estocásticos. Complementarmente, ressalta-se os danos causados ao meio ambiente, decorrentes desta fonte de energia, desde sua implantação até o fornecimento da energia gerada, afetando a flora e fauna, tanto aquática quanto terrestre. E também danos socioculturais e econômicos causados as comunidades locais (MENKES, 2003; SILVA; NASSAR, 2016).

A partir desta perspectiva, Lund (2006), destaca a importância da diversificação da matriz de energia elétrica e o papel das fontes de energias renováveis, na elaboração de estratégias para um desenvolvimento sustentável. Sachs (2002) quando aborda a questão da segunda revolução verde ou denominada também como duplamente verde, baseada na biomassa e também no desenvolvimento de uma química verde, sendo complementar ou até mesmo substituindo a energia fóssil por biocombustíveis, aponta também algumas características próprias dos países tropicais e suas condições favoráveis para a implementação e o desenvolvimento de fontes de energia limpa, alcançando, neste sentido, uma vitória tripla atendendo os três pilares do desenvolvimento sustentável, relevância social, prudência ecológica e viabilidade econômica.

Com base nessas considerações, pode-se questionar tanto pelo aspecto das discussões acerca do desenvolvimento sustentável quanto das características da revolução verde: i) a humanidade não estaria de fato em uma revolução energética, considerando sua importância, a dependência das atividades humanas e a demanda cada vez maior por energia elétrica? ii) A preocupação com o meio ambiente, seus recursos naturais, a eficiência energética e também o desenvolvimento sustentável não tem propiciado um avanço na busca por fontes renováveis de energia?

Instituições de ensino superior e a gestão de energia elétrica

Para Gallardo et al. (2016) as instituições envolvidas na transmissão do conhecimento, tanto da pesquisa como do ponto de vista do ensino, as universidades não podem ignorar o desafio ambiental e devem assumir neste sentido seu compromisso institucional. Por esse motivo, universidades, por todo o mundo, mesmo que ainda de forma incipiente, realizam

estudos para implementar medidas para reduzir o impacto gerado em suas instalações. No Brasil destaca-se as políticas voltadas para estas instituições, tais como, leis, resoluções, portarias e instruções normativas que preconizam as boas práticas da administração pública. Estas propõem o uso racional dos recursos naturais e mais especificamente no âmbito deste trabalho discute-se a eficiência energética, numa perspectiva muito mais abrangente do que apenas redução de gastos, tendo como principais exemplos: i) Agenda Ambiental na Administração Pública (BRASIL, 2009); ii) Guia para eficiência energética nas edificações públicas, proposto pelo Centro de Pesquisa de Energia Elétrica (CEPEL) (2014); iii) Resoluções Normativas 414, 418 e 479 (ANEEL, 2010; 2012).

De acordo com Velazquez et al. (2006), historicamente a questão da sustentabilidade tem estado presente em diversas agendas oficiais, e suas metas estabelecidas em diversos acordos tem caminhado em um ritmo mais lento do que se propunha. Assim, as universidades se inserem nesta mesma perspectiva, sendo que a gestão energética seja no âmbito mundial, nacional, regional ou até mesmo nas IES assim como a UFU, requer uma busca integrada de suas ações, visando o tratamento das variáveis ambientais em conjunto com as áreas de engenharia e estudos energéticos. SERNA et al. (2011) afirmam que numa época em que a devastação do meio ambiente é um dos principais problemas a ser combatido, a eficiência energética assume um importante papel, contribuindo para que mais seja produzido com menos custo para o meio ambiente.

Segundo Oliveira (2006), o gerenciamento de energia de qualquer instalação requer o pleno conhecimento dos sistemas energéticos existentes, dos hábitos de utilização da instalação e da experiência dos usuários e técnicos da edificação. Neste sentido este trabalho ganha destaque, pois, busca identificar e padronizar o registro das informações de consumo e demanda de energia elétrica com base nas faturas emitidas pela distribuidora, permitindo assim a análise e um diagnóstico de seu desempenho, subsidiando as decisões visando à redução dos custos operacionais como medida a curto prazo, e a eficiência energética e conservação dos recursos naturais como medida de impactos à longo prazo.

No âmbito das questões inerentes à gestão, destaca-se o quesito financeiro, que como medida a curto prazo, serve como incentivo para a redução de custos. Entretanto, conforme destacam Faghihi et al (2015), essas ações podem ser planejadas e pertencentes ao plano de gestão, considerando a criação de fundos rotativos, constituídos dos recursos financeiros economizados, utilizando os programas de sustentabilidade como ponto de autofinanciamento para melhorias adicionais na instituição.

As universidades apresentam importantes características associadas à utilização de energia elétrica, entre elas destaca-se: i) são grandes consumidores; ii) são afetadas e responsáveis também pelos problemas ambientais, escassez dos recursos naturais e mudanças climáticas, iii) tem uma função educadora/ formadora, portanto é razoável que elas sirvam como modelo a ser seguido; iv) os custos de energia elétrica representam uma grande parcela de seus gastos e; a forma de utilização da energia elétrica considerando o uso racional deste recurso, se torna um importante indicador para avaliação do desempenho ambiental das universidades, pois este recurso está associado a grandes impactos ambientais (PRIETO, 2012; LO, 2013).

As IES apresentam uma função relevante no que tange o desenvolvimento sustentável, adotando ações que visam à sustentabilidade, especialmente o uso racional e eficiente de energia elétrica, o que representa a diminuição de sua utilização, consequentemente redução do desperdício, dos gastos e retorno financeiro, concomitantemente num âmbito mais amplo tem-se uma menor demanda para todo o sistema energético (SILVA; NASSAR, 2016).

A estatística, os testes utilizando séries temporais e a análise do comportamento da demanda e consumo de energia elétrica

Segundo Morettin e Toloi (2006) e Brillinger (2015) uma série temporal é qualquer conjunto ou parte de uma sequência de observações, indexada por um parâmetro de tempo. As séries temporais podem ser usadas em eventos naturais e para atividades humanas para comunicação, descrição, visualização e previsão. Sendo o tempo um conceito físico, os parâmetros e outras características são modelos matemáticos para séries temporais que podem ter interpretações do mundo real, sendo básicas para investigações científicas. (BRILLINGER, 2015)

Ainda de acordo com Morettin e Toloi (2006), esta metodologia estatística objetiva, fazer previsões de valores futuros da série, descrever o seu comportamento e ainda, procurar periodicidades relevantes nos dados, variando de acordo com os propósitos determinados, com a identificação do modelo teórico de comportamento temporal permitindo a descrição das propriedades da série, tais como: nível, tendência e sazonalidade.

A tendência se refere ao comportamento geral da série, indicando propensão a aumentos ou quedas graduais ao longo do tempo, segundo Brillinger (2015), diz-se que uma série temporal apresenta tendência quando há uma mudança em evolução lenta. A

sazonalidade está associada às variações observadas que apresentam uma frequência bem definida. As variações cíclicas também são ocorrências identificadas na série, porém diferentemente da sazonalidade não seguem uma frequência bem estabelecida e, por serem variações em períodos de tempo relativamente longos, não podem ser identificadas em séries relativamente curtas. (MORETTIN; TOLOI, 2006)

De acordo com Prado (2015) a estatística poderia ser mais utilizada em pesquisas na área de eletricidade, ele ainda observou que os estudos relacionados ao monitoramento da energia elétrica muitas vezes subutilizam a estatística, ou até mesmo negligenciam o seu uso, neste sentido este trabalho contribuirá como amostragem da eficiência dos testes estatísticos como ferramenta na tomada de decisões visando eficiência energética.

Conforme observaram Prado et al. (2014) em seu trabalho sobre modelos para demanda e consumo de energia elétrica, para a Universidade Federal de Lavras (UFLA), os modelos propostos por Box e Jenkins ajustaram-se bem aos dados de energia elétrica daquela instalação, possibilitando a identificação da sazonalidade para as séries de consumo mensal de energia elétrica e demanda de potência em horário de ponta.

Villamagna (2013) analisou as séries mensais de consumo e demanda de energia elétrica da UFLA no período de janeiro de 1995 a dezembro de 2011, objetivando a predição dos valores futuros, utilizando os métodos de Box e Jenkins e Redes Neurais Artificiais (RNA). Constatando a eficiência do método Box e Jenkins e o desempenho satisfatório para previsão utilizando o método RNA.

Calili et al. (2016), objetivou propor um método empírico para ajustar séries temporais para efeitos de calendário e temperatura na análise do comportamento da carga elétrica referente ao consumo de energia. Observando cada um dos quatro subsistemas que forma a Grade Elétrica Brasileira, tendo sido observado que ambas abordagens apresentaram ótimo poder explicativo em comparação com as séries temporais.

Em seu trabalho Silva e Nassar (2016), analisou o uso de energia elétrica no Instituto Federal Fluminense, campus Campos Guarus, utilizou como base as faturas de energia elétrica no período de 2012 a 2015, diferentemente das séries temporais utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal Wallis, identificando diferenças significativas entre o consumo nas diferentes épocas do ano.

De acordo com Morettin e Toloi (2006) um outro método de previsão, em séries de tempo, é o das suavizações. Esse método assume que os valores extremos da série representam a aleatoriedade e, assim, por meio da suavização desses extremos, busca-se

identificar o padrão básico para a série. Ainda segundo Morettin e Toloi (2006) as principais vantagens deste método estão associadas à sua simplicidade na aplicação e à sua flexibilidade em relação à variação de *r*.

Destaca-se entre o método de suavização os Modelo aditivo de Holt-Winters, adequado para séries que apresentam características de tendência e sazonalidade, e também o Modelo de Suavização Exponencial Simples, adequado à séries com presença de sazonalidade, sendo que em ambos os modelos a amplitude da variação sazonal se mostra constante ao longo da série.

Morettin e Toloi (2006) destacam que o modelo geral de Holt-Winters para as estimativas quando se tem séries aditivas é dada por (Equação 1):

$$Z_t=\mu_t+T_t+F_t+a_t$$

(Equação 1)

em que: Z_t é a variável analisada no tempo t; μ_t o fator associado ao nível da série ao longo do tempo t; T_t o fator associado a tendência da série; F_t o fator associado a variação sazonal e; a_t o erro aleatório.

As estimativas $\hat{F},\hat{\mu},\hat{T}$ do fator sazonal (F_t), nível (μ_t) e tendência (T_t) da série são dadas por meio da solução do sistema equações (Equação 2) descritos a seguir:

$$\begin{aligned}
&\hat{F}_t = D(Z_t - \hat{\mu}_t) + (1-D)\hat{F}_{t-s},\ 0<D<1\\
&\hat{\mu}_t = A(Z_t - \hat{F}_{t-s}) + (1-A)(\hat{\mu}_{t-1}+\hat{T}_{t-1}),\ 0<A<1 \quad \text{(Equação 2)}\\
&\hat{T}_t = C(\hat{\mu}_t - \hat{\mu}_{t-1}) + (1-C)\hat{T}_{t-1},\ 0<C<1
\end{aligned}$$

Respectivamente; A, C, D são as constantes de suavização estimadas nos programas computacionais e s é o período sazonal. Para modelos do tipo sazonal simples desconsidera-se o fator tendência nas equações anteriores.

Verifica-se uma vasta gama de possibilidades para análises, por meio de ajustes de modelos de séries temporais e/ou outros testes estatísticos, acerca da energia elétrica, considerando tanto a sua geração quanto sua utilização, no âmbito do trabalho, com o enfoque nas IES, principalmente considerando sua utilização dos recursos de energia elétrica. Neste sentido, levantou-se duas hipóteses para este trabalho, sendo: i) a demanda e o consumo de energia elétrica no campus Santa Mônica da UFU, no período analisado, apresentam

sazonalidade e tendência e; ii) a análise da energia elétrica e o comportamento do consumo e demanda de potência podem ser descritos por modelos de séries temporais.

Universidade Federal de Uberlândia, Campus Santa Mônica

A Universidade Federal de Uberlândia (UFU) se localiza na região central do Brasil, no Estado de Minas Gerais, nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. Ela possui sete campi, quatro deles localizados no município de Uberlândia (MG), um em Ituiutaba (MG), um em Monte Carmelo (MG) e um em Patos de Minas (MG). Em 2017, a Universidade manteve um total de 26.855 alunos matriculados, tanto na graduação quanto na pós-graduação (mestrado e doutorado) e 4.904 servidores, entre técnicos e docentes, distribuídos em uma área construída total de 359.695m^2, conforme detalhamento quantitativo de sua estrutura física na Tabela 1.

Deste total de usuários, refere-se ao campus Santa Mônica, aproximadamente 15.800 alunos e 2.700 servidores desenvolvendo suas atividades, totalizando cerca de 18.500 usuários, numa área construída total de 117.295m^2 (UFU, 2018)[2] e (CAPES, 2017)[3].

Tabela 1 – Detalhamento do espaço físico da UFU, ano 2017

Especificações	Quantidade – 2017
Laboratórios (ensino / pesquisa / extensão)	525
Salas de aula	406
Anfiteatros / Auditórios	41
Unidades acadêmicas (Faculdades e Institutos)	30
Museus	5
Bibliotecas	7
Campi	7
Hospitais (Clínica/Odontológico/Veterinário)	5

[2] Conforme informações, acerca do número de estudantes, servidores e área, disponibilizadas pela Pró-reitoria de Planejamento e Administração, Diretoria de Planejamento e Divisão de Estatísticas e Informações (PROPLAD/DIRPL/DIESIUFU), consultadas e disponíveis em 01/05/18, em seus anuários publicados em http://www.proplad.ufu.br/central-de-conteudos/documentos/anuarios.

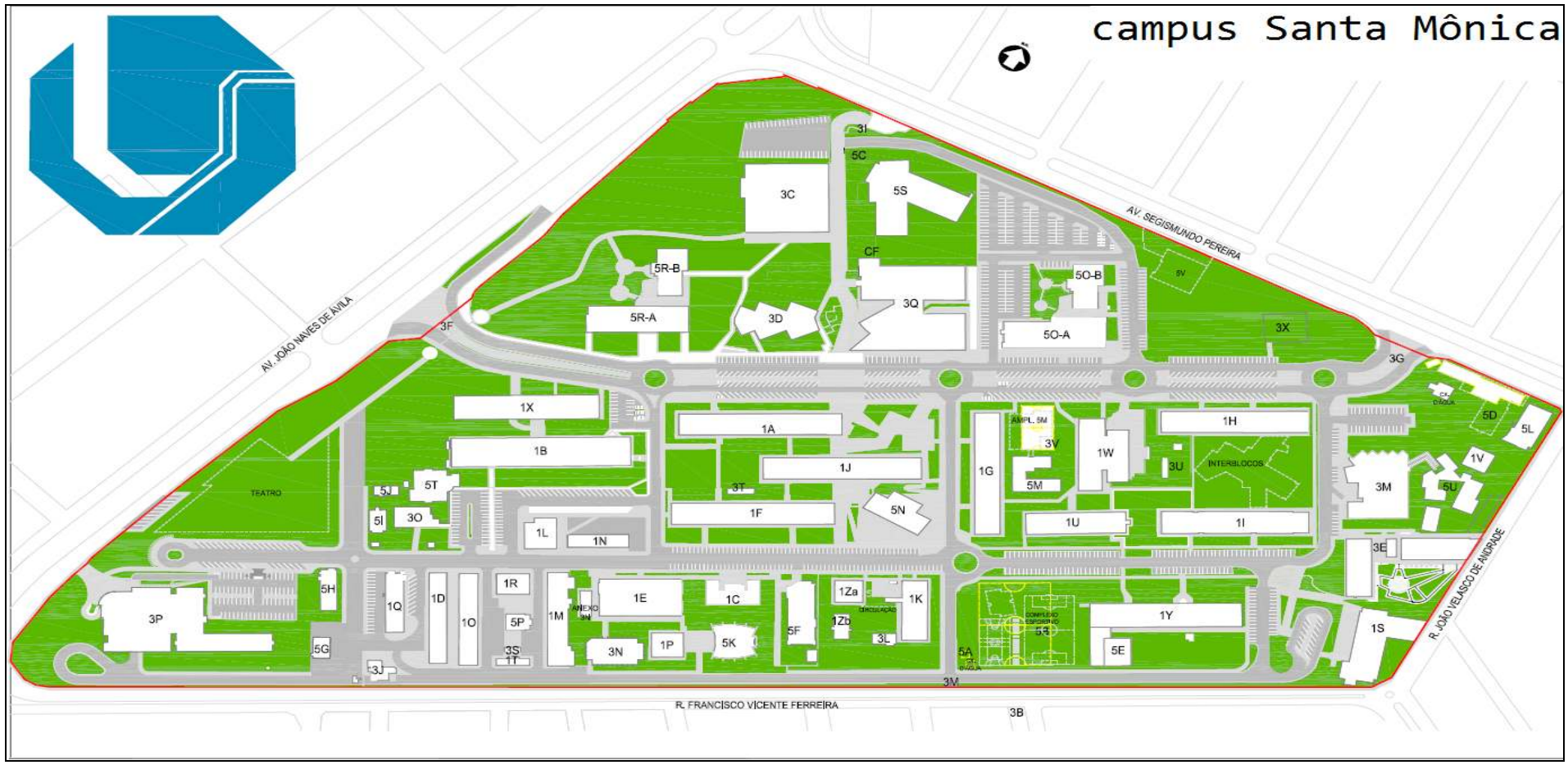
[3] Conforme informações, acerca de estudantes de pós-graduação (mestrado e doutorado), disponibilizadas pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES (2017), consultadas e disponíveis em 01/05/18, em https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/discente/listaDiscente.jsf

Fazendas experimentais	4
Restaurantes Universitários	2
Incubadora	2
Editora Universitária	1
Emissora de rádio FM	1
Emissora de televisão	1
Imprensa Universitária	1
Reserva ecológica	1

Fonte: Adaptado de UFU, 2018.

O campus Santa Mônica possui 280.119,87m², de área total, localiza-se no setor leste de Uberlândia, no bairro Santa Mônica, e está circundado pelas avenidas João Naves de Ávila e Segismundo Pereira, e pelas ruas João Velasco de Andrade e Francisco Vicente Ferreira. Concentra grande parte das atividades de ensino, pesquisa e extensão de 20 unidades acadêmicas, entre Faculdades e Institutos, além de abrigar o centro de tomada de decisões da UFU, representado pela reitoria e seus Conselhos Superiores. Destaca-se sua localização e a distribuição de suas edificações na Figura 3.

Figura 3- Campus Santa Mônica da UFU



Fonte: adaptado de UFU, 2017

Quanto ao enquadramento estabelecido pela ANEEL (2010), a instalação do campus Santa Mônica da UFU, identificada pelo número 300900999, enquadra-se no grupo de consumidores "A", com a modalidade tarifária horossazonal Azul, definida em contrato, estabelecido entre a instituição e a Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

A Resolução Federal nº 414 de 2010, da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), estabelece as normas e condições de distribuição e utilização de energia elétrica no Brasil, bem como as classificações das instalações dos consumidores, tarifação e definições de demanda, consumo, etc. Sendo o consumo a grandeza de energia elétrica utilizada no período de faturamento, expressa em quilowatts-hora (kWh). A Demanda é a média das potências elétricas ativas ou reativas, solicitadas ao sistema elétrico pela parcela da carga instalada em operação na unidade consumidora, durante um intervalo de tempo especificado, expressa em quilowatts (kW) (ANEEL, 2010).

Para a demanda de potência tem-se estabelecidos três categorias de demanda: i) medida (registros apurados da maior demanda de potência, validada em intervalos de 15 minutos, durante o período de faturamento); ii) faturada (registros considerados para o cálculo financeiro, ressalta-se que o limite inferior é igual ao valor da demanda contratada, e o limite superior varia de acordo com a utilização integralizada) e; iii) contratada (registros de demanda de potência, obrigatória e continuamente disponibilizada pela CEMIG à UFU, estabelecidos em contrato, devendo ser integralmente paga, sendo utilizada ou não).

A classificação dos consumidores refere-se ao enquadramento quanto à potência de suas instalações, sendo: i) Grupo A: Consumidores com fornecimento de 2,3 a 230kV (alta tensão), ou inferior a 2,3kV e; ii) Grupo B: Consumidores com fornecimento em tensão inferior a 2,3 kV. Quanto à categorização de suas atividades: i) industrial; ii) residencial; iii) comercial; iv) rural; v) poder público; vi) iluminação pública; vii) serviço público e; viii) consumo próprio.

Com relação às modalidades tarifárias, ainda de acordo com ANEEL (2010), considerando a categorização das instalações da UFU, campus Santa Mônica e o contratado, a tarifa praticada é a tarifa horossazonal azul. As tarifas horossazonais possuem duas modalidades, sendo: i) tarifa horossazonal azul e; ii) tarifa horossazonal verde, que se diferenciam pelo fator de carga das instalações dos clientes e também pela variação da cobrança, sendo a tarifa horossazonal azul com valores que variam de acordo com os períodos do dia HP e HFP, e para os períodos do ano, seco e úmido, tanto para a demanda quanto para

o consumo, e a tarifa horossazonal verde com valores variando para os períodos do dia e do ano apenas para o consumo.

Essa variação entre os períodos do ano corresponde: i) úmido, meses de dezembro a abril e; ii) período seco, meses de maio a novembro. Para a variação nos períodos diários, são delimitados: i) horário de ponta: das 17:00 horas às 19:59 horas (fora do horário de verão) e das 18:00 horas às 20:59 horas (durante horário de verão) e; ii) horário fora de ponta: demais horas do dia, finais de semana e feriados nacionais (ANEEL, 2010).

Considerações finais

Com base no levantamento bibliográfico foi possível apontar algumas características relevantes acerca da energia elétrica, no que tange sua geração e utilização. Quanto a geração da energia, destaca-se, a alta concentração das matrizes de energia elétrica, em escala mundial essa concentração está vinculada às fontes de energia fósseis, e no cenário brasileiro, essa concentração associa-se às fontes renováveis, no entanto encontra-se altamente concentrada em uma única fonte, baseada em hidrelétricas, o que representa grande fragilidade ao sistema energético nacional. A partir desta verificação, é possível afirmar também a necessidade da diversificação das matrizes de energia elétrica, sendo que a busca de novas fontes deve basear-se em fontes renováveis, pois estas representam menores danos ao meio ambiente, se comparadas às demais.

A demanda continuamente crescente por eletricidade está diretamente associada à necessidade da conscientização do uso racional deste recurso, sendo que as IFES devem assumir seu compromisso ambiental, com o desenvolvimento de novas técnicas, e o seu papel de agente formador de cidadãos ambientalmente conscientes para a utilização dos recursos naturais, e neste caso específico da energia elétrica. Além de se fazer uma instância de comprometimento com a eficiência energética.

No que se refere à gestão do uso da energia elétrica no *campus* Santa Mônica da UFU, as análises estatísticas realizadas possibilitaram a inferência que os modelos de séries temporais permitiram a caracterização do comportamento da utilização da energia elétrica na UFU/ Santa Mônica, com base nas variáveis demanda de potência HP e HFP e consumo HP e HFP, além de apresentar o cálculo da previsão das referidas variáveis, podendo ser replicado para os demais *campi* da UFU. A metodologia aplicada neste estudo deve assumir a função de uma importante ferramenta para a gestão acerca da energia elétrica, contribuindo assim com

apontamentos para o planejamento de sua utilização e consequentemente redução de seus gastos, cooperando desta maneira para diminuição da utilização dos recursos ambientais necessários para a geração da energia elétrica.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução Normativa n. 414**, de 9 de setembro de 2010. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf. Acesso em: 14 mai. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução Normativa n. 418**, de 23 de novembro de 2010. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2010418.pdf. Aceso em: 14 mai. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Resolução Normativa n. 479**, DE 3 DE ABRIL DE 2012. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012479.pdf. Acesso em: 14 mai. 2018.

BRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Resenha Energética Brasileira 2018 ano base 2017**, Brasília, DF, 2018. Disponível em: http://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Documents/Resenha%20Energ%C3%A9tica%202018%20-MME.pdf. Acesso em: 17 dez. 2018.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Agenda Ambiental na Administração Pública**, 5. ed. Brasília, DF: [*s.n.*], 2009. Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/cartilha_a3p_36.pdf. Acesso em: 19 abr. 2018.

BRILLINGER, D. R. **Time Series:** General, *In*: Wrigth, James D. (ed.). **International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences** 2.ed. Oxford: Elsevier, 2015, p. 341-346. ISBN 9780080970875, Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780080970868420842. Acesso em: 21 mai. 2018.

CALILI, R. F. et al. Proposta de um método empírico para ajustar séries temporais para efeitos de calendário e temperatura. São Carlos, v. 23, n. 4, p. 787-797, dezembro de 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-30X2016000400787&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 21 out. 2017.

CENTRO DE PESQUISA DE ENERGIA ELÉTRICA (Brasil). **Guia para eficientização energética nas edificações públicas,** Versão 1.0 outubro 2014. Rio de Janeiro: CEPEL, 2014. 229 p.

DINCER, I. Renewable energy and sustainable development: a crucial review**, Renewable and Sustainable Energy Reviews**, [*S.l.*], v. 4, Issue 2, p. 157-175, 2000. ISSN 1364-0321. Disponível em http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032199000118. Acesso em: 15 mai. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica.** Rio de Janeiro, [*s.n.*], 2017. Disponível em: http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Balanco-Energetico-Nacional-2017. Acesso em: 17 mar. 2018.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. Brazil: Renewables for development. *In*: CONFERÊNCIA DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL (RIO +20). Rio de Janeiro: [*s.n.*], 2012.

FAGHIHI, V.; HESSAMI, A. R.; FORD, D. N.; Sustainable campus improvement program desing using energy efficiency and conservation. **Journal of Cleaner Production**. [*S.l.*], v. 107, p. 400-409, 2015. ISSN 0959-6526, DOI https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.12.040. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614013365?via%3Dihub. Acesso em: 18 abr. 2018.

GALLARDO, A. et al. The determination of waste generation and composition as an essential tool to improve the waste management plan of a university, **Waste Management**, [*S.l.*], v. 53, p. 3-11, 2016, ISSN 0956-053X, DOI https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.04.013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16301763?via%3Dihub. Acesso em: 05 out. 2017.

GOLDEMBERG, J. **Energia no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 1979. 171 p.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O.; Energia e meio ambiente no Brasil . **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 21, n. 59, p. 7-20, apr. 2007. ISSN 1806-9592. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10203. Acesso em: 29 abr. 2018.

GOLDEMBERG, J. Energia e Sustentabilidade. **Revista Cultura e Extensão USP**, [*S.l.*], v. 14, p. 33-43, 2015a. DOI https://doi.org/10.11606/issn.2316-9060.v14i0p33-43. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/rce/article/view/108256. Acesso em: 10 mar. 2018.

GOLDEMBERG, J. O estado atual do setor elétrico brasileiro. **Revista USP**, [*S.l.*], v. 1, p. 39-44, 2015b. DOI https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i104p37-44. Disponível em: http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/106751. Acesso em: 11 set. 2017.

GOLDEMBERG, J; MOREIRA, J. R. Política energética no Brasil. **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 19, p. 215, 2005. DOI https://doi.org/10.1590/S0103-40142005000300015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142005000300015&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 11 set. 2017.

LEITE, A. D. **A energia do Brasil**. 3. ed. Rio de Janeiro: Lexikon, 2014. 624 p.

LO, K., Energy conservation in China's higher education institutions, **Energy Policy**, [*S.l.*], v. 56, p. 703-710, 2013, ISSN 0301-4215. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421513000621. Acesso em: 15 mai. 2018.

LUND, H. . Renewable energy strategies for sustainable development. **Energy**, [*S.l.*], v. 32, n. 6, p. 912-919, 2007. DOI https://doi.org/10.1016/j.energy.2006.10.017. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S036054420600301X?via%3Dihub. Acesso em: 20 abr. 2018.

MENKES, M. Instrumentos econômicos aplicados em programas de eficiência energética. *In*: ENCONTRO NACIONAL DA ECOECO 4., 2001, Belém. **Anais** [...]. Belém: Ed: [*s.n*], 2003. p. 1-26. Disponível em: HTTP://www.ecoeco.org.br/conteudo/publicacoes/encontros/iv_en/mesa3/1.pdf. Acesso em: 20 abr. 2018.

MORETTIN, P. A., TOLOI, C. M. C., **Análise de séries temporais**, 2. ed. ver. ampl., São Paulo: Blucher, 2006.

OLIVEIRA, L. S., **Gestão do consumo de energia elétrica no campus da UnB**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2006.

PEREIRA FILHO, A. J., Análise da escassez hídrica brasileira em 2014. **Revista USP**, São Paulo, v. 1, p. 125-132, 2015. DOI https://doi.org/10.11606/issn.2316-9036.v0i104p125-132. Disponível: http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/106760. Acesso em: 24 set. 2017.

PRADO, J. R. **Métodos estatísticos no monitoramento da potência elétrica**. 2015. 159 p. Tese (Doutorado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

PRADO, J. R.; SAFADI, T.; SILVA, J. P. Modelagem de séries temporais de demanda de energia elétrica da Universidade Federal de Lavras, correspondentes ao período de 1995 a 2013. **Revista da Estatística da Universidade Federal de Ouro Preto**, Ouro Preto, v. 3, p. 564, 2014. Disponível em: http://www.cead.ufop.br/jornal/index.php/rest/article/viewFile/637/541. Acesso em: 24 abr. 2018

PRIETO, E. C. **Universidade Sustentável:** desafios e compromissos da educação e da gestão ambiental na Universidade Federal de Uberlândia, MG. 2012. 173 p. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2012.

SACHS, I**. Rumo a uma moderna civilização baseada em biomassa.** *In*: STROH, Paula Yone (org.). Caminhos para o desenvolvimento sustentável. 3. ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. p. 29-46.

SERNA, M.S; CARVALHO, C.S; MENEZES, R.F; TEODORO, J.R; OLIVEIRA, L.M. Eficiência Energética na Gestão da Conta de Energia Elétrica da Universidade Federal de Sergipe. *In*: COLÓQUIO INTERNACIONAL SOBRE GESTÃO UNIVERSITÁRIA NA AMÉRICA DO SUL 11; CONGRESSO INTERNACIONAL IGLU 2. 2011. Florianópolis. **Anais** […]. Florianópolis: [*s.n.*], 2011. p. 1-12.

SILVA, C. O. S.; NASSAR, C. A. G. Análise do uso da energia elétrica no Instituto Federal Fluminense *campus* Campos Guarus. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade:** GeAS, [*S.l.*], v. 5, n.3, p. 1-20, 2016. DOI 10.5585/geas.v5i3.428. Disponível em: http://www.revistageas.org.br/ojs/index.php/geas/article/view/428. Acesso em: 18 abr. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. **Mapa Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, 2017.** Uberlândia, MG. 2017. Disponível em: http://www.prefe.ufu.br/sites/prefe.ufu.br/files/media/arquivo/campus_santa_monica.pdf. Acesso em: 04 mai. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Pró-Reitoria de Planejamento e Administração. **Dados Gerais 2018 Ano Base 2017**. Uberlândia, MG. 2018. 12 p. Disponível em: http://www.proplad.ufu.br/sites/proplad.ufu.br/files/media/arquivo/dados_gerais_2018_-_ano_base_2017.pdf. Acesso em: 12 set. 2018.

VELAZQUEZ, L., MUNGUIA, N., PLATT, A., TADDEI, J., Sustainable university: what can be the matter? **Journal of Cleaner Production**, [*S.l.*], v. 14, Issues 9–11, p. 810-819, 2006. ISSN 0959-6526. Disponível em: http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652606000199. Acesso em: 15 de maio de 2018.

VILLAMAGNA, M. R. **Seleção de modelos de séries temporais e redes neurais artificiais na previsão de consumo e demanda de energia elétrica**. 2013. 117 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.