

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM QUALIDADE AMBIENTAL

MARCELO JOSÉ PEREIRA

ANÁLISE DA DEMANDA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA, UTILIZANDO SÉRIES
TEMPORAIS, NO CAMPUS SANTA MÔNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE
UBERLÂNDIA, MG.

UBERLÂNDIA, MG
2018

MARCELO JOSÉ PEREIRA

Análise da demanda e consumo de energia elétrica, utilizando séries temporais, no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, MG.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador:
Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães

Coorientador:
Prof. Dr. Jair Rocha do Prado

UBERLÂNDIA, MG

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

P436a
2018 Pereira, Marcelo José, 1983
 Análise da demanda e consumo de energia elétrica, utilizando séries temporais, no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, MG [recurso eletrônico] / Marcelo José Pereira. - 2018.

Orientador: Ednaldo Carvalho Guimarães.

Coorientador: Jair Rocha do Prado.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.862>

Inclui bibliografia.

Inclui ilustrações.

1. Ecologia. 2. Energia elétrica - Consumo. 3. Instituições de Ensino Superior Federais. 4. Eletricidade. I. Guimarães, Ednaldo Carvalho, (Orient.). II. Prado, Jair Rocha do, (Coorient.). III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Qualidade Ambiental. IV. Título.

CDU: 574

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

MARCELO JOSÉ PEREIRA

Análise da demanda e consumo de energia elétrica, utilizando séries temporais no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, MG.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Qualidade Ambiental – Mestrado, área de concentração em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 14 de dezembro de 2018.

Prof. Dr. Jair Rocha do Prado
(co-orientador)

UFU

Profª. Dra. Samara Carbone

UFU

Prof. Dr. Joaquim Paulo da Silva

UFLA

Prof. Dr. Ednaldo Carvalho Guimarães

FAMAT-UFU

(orientador)

UBERLÂNDIA, MG

2018

A meus pais, Donizete e Liana;
minha esposa Angela;
meus filhos Northon, Bianca e Davi.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me concedido força e resignação, em toda minha vida e especialmente nesta caminhada no mestrado.

À minha família, pelo apoio incondicional e incentivo sempre, especialmente minha esposa Angela, meus filhos Northon, Bianca e Davi, razão da minha perseverança. A meus pais Donizete e Liana por me ensinarem valores tão importantes de caráter, moral e humildade.

À Universidade Federal de Uberlândia, ao professor Kleber Del- Claro, diretor de Pesquisa, pela confiança, incentivo, ajuda e amizade, e ao professor Carlos Henrique de Carvalho, pró- reitor de Pesquisa e Pós- Graduação, por me fornecerem condições para esta qualificação.

Ao professor Ednaldo Carvalho Guimarães, pelas orientações, ensinamentos, paciência e disponibilidade.

Ao professor Jair Rocha do Prado, pela coorientação e contribuições tão relevantes.

Aos professores do Programa de Pós- Graduação em Qualidade Ambiental, especialmente aos que contribuíram diretamente no desenvolvimento do meu mestrado, Samara, Aracy, Simone, Adriane, Bruna, Lucas e Guilherme.

À secretária do PPGMQ, Marília, pela cordialidade e por todos os esclarecimentos.

Aos meus colegas de curso, pelas contribuições e parcerias. Vocês foram exemplos de determinação, persistência e superação.

À todos que contribuíram, mesmo que indiretamente, para a realização deste trabalho, muito obrigado.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
CAPITULO 1.....	1
1 Introdução Geral.....	1
2 Referencial Teórico.....	2
2.1 Energia.....	2
2.2 Fontes de energia elétrica, a preocupação com a conservação dos recursos naturais e a busca pela eficiência energética.....	4
2.3 Instituições de ensino superior e a gestão de energia elétrica.....	6
2.4 A estatística, os testes utilizando séries temporais e a análise do comportamento da demanda e consumo de energia elétrica.....	8
3 ÁREA DE TRABALHO.....	10
3.1 Universidade Federal de Uberlândia.....	10
4 Referências.....	16
CAPÍTULO 2: Modelagem de séries temporais para demanda e consumo de energia elétrica no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia.....	20
1 Resumo.....	20
2 Abstract.....	20
3 Introdução.....	21
4 Material e Métodos.....	22
5 Resultados e Discussões.....	24
5.1 Análise exploratória das séries de demanda e consumo de energia elétrica.....	24
5.2 Associação entre as variáveis meteorológicas e a utilização da energia elétrica na UFU.....	31
5.3 Ajuste dos modelos de séries temporais para demanda de potência e consumo de energia elétrica.....	33
5.4 Precisão e validação da previsão dos modelos.....	35
6 Conclusões.....	37
7 Referências.....	38
CAPÍTULO 3: Comparativo e modelagem de séries temporais da diferença entre as demandas de potência contratada e medida no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia...	41
1 RESUMO.....	41
2 ABSTRACT.....	41

3 Introdução	42
4 Material e Métodos.....	43
5 Resultados e Discussões	45
5.1 Análise exploratória da diferença entre as demandas contratada e medida em HP e HFP.....	45
5.2 Ajuste dos modelos para séries da diferença entre as demandas contratada e medida em HP e HPF.....	48
5.3 Validação dos modelos a partir das previsões calculadas.....	50
6 Conclusões	53
7 Referências.....	54

RESUMO

PEREIRA, MARCELO JOSÉ. **Análise da demanda e consumo de energia elétrica, utilizando séries temporais no Campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia, MG.** 2018. 56p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia¹, Uberlândia, 2018.

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. O presente trabalho destaca a importância do papel das instituições de ensino superior (IES), enquanto formadoras de cidadãos ambientalmente conscientes para o uso racional dos recursos naturais e em especial para a energia elétrica. A análise do comportamento da utilização da energia elétrica, na Universidade Federal de Uberlândia (UFU) campus Santa Mônica, foi realizada com base nos registros de demanda e consumo, considerando a classificação da instalação classe A, tarifa hora sazonal azul. Neste trabalho foram utilizados os dados da série histórica para demanda de potência em horário de ponta (HP), demanda de potência em horário fora de ponta (HFP), consumo em HP e consumo HFP no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2017 e também as séries da diferença entre demanda contratada e medida em HP e HFP, esta no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017. A análise se baseou na metodologia de séries temporais, na tentativa de identificar o melhor modelo para compreensão do comportamento dos dados. A eficiência energética, vinculada à redução do consumo, torna-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. Espera-se que as análises estatísticas, a identificação dos modelos e os apontamentos voltados para as normatizações quanto à eficiência energética, possam auxiliar os gestores da UFU na tomada de decisões referentes à contratação e gestão de energia elétrica.

Palavras Chave: *eficiência energética, instituições de ensino superior, eletricidade.*

¹ Comitê Orientador: Ednaldo Carvalho Guimarães – UFU e Jair Rocha do Prado – UFU.

ABSTRACT

PEREIRA, MARCELO JOSÉ. **Analysis of the demand and consumption of electric energy, using time series at the Santa Mônica Campus of the Federal University of Uberlândia, MG.** 2018. 56p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Qualidade Ambiental) – Universidade Federal de Uberlândia², Uberlândia, 2018.

Society has witnessed an intense technological breakthrough since the Industrial Revolution, which has become more pronounced 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, electric power generation. The paper stresses the importance of the role of higher education institutions (HEIs) as trainers of environmentally conscious citizens for the rational use of natural resources and especially for electric energy. The analysis of the behavior of the use of electric energy, at the Federal University of Uberlândia (UFU) Santa Mônica campus, was carried out based on the records of demand and consumption, considering the classification of installation class A, blue seasonal hour rate. In this work, the data of the historical series for peak hour demand (HP), off-peak hours (HFP), peak hour consumption (HP) and off-peak hour consumption (HFP) were used in the period from January 2004 to December 2017 and also the series of difference between contracted demand and measured in HP and HFP, this period from January 2008 to December 2017. The analysis was based on the time series methodology, in an attempt to identify the best model for understanding of the data behavior. Energy efficiency, linked to the reduction of consumption, becomes relevant under two aspects: i) associated with the conservation of environmental resources and; (ii) linked to management issues, such as improving the quality of expenditures in reducing costs and waste. It is expected that the statistical analyzes, the identification of the models and the notes focused on the energy efficiency regulations, can help the UFU managers in the decision making regarding the contracting and management of electric energy.

Keywords: *energy efficiency, higher education institutions, electricity.*

² Supervising communitteer: Ednaldo Carvalho Guimarães – UFU e Jair Rocha do Prado – UFU.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

A energia elétrica fundamentou-se 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 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, 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) desempenham papel relevante no contexto 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 passíveis 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 impactos à longo prazo.

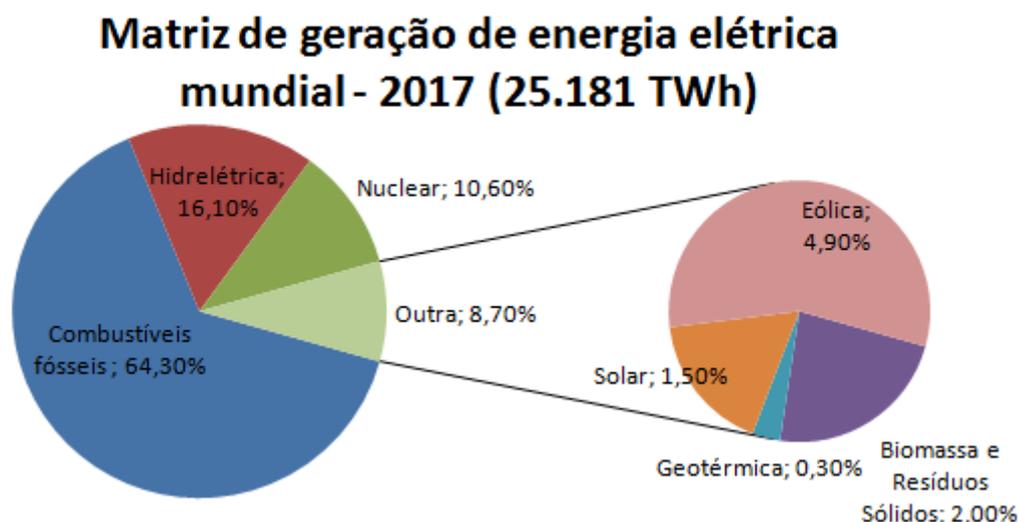
Para tal, procurou-se analisar o comportamento de sua utilização de energia elétrica, viabilizando sua caracterização, por meio da verificação das características da série, como tendência e sazonalidade; avaliação da presença de ocorrências externas e suas possíveis contribuições; identificação de modelos 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.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 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 (EPE) (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. O documento destacava, 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) 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, 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).

2.2 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/MWh³, 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.

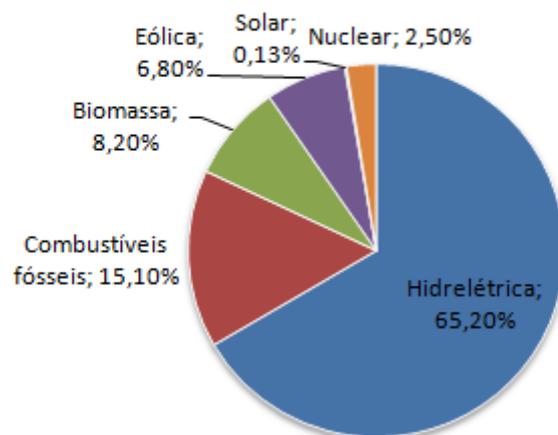
³ Conforme apontado pela ANEEL/ CCEE (2013).

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.

Matriz de geração de energia elétrica brasileira - 2017 (624.317 GWh)



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 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?

2.3 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 propõe 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, conseqüentemente 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).

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

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

$$Z_t = \mu_t + T_t + F_t + a_t \quad (\text{Equação 1})$$

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:

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

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.

3 ÁREA DE TRABALHO

3.1 Universidade Federal de Uberlândia

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 359.695m², 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 117.295m² (UFU, 2018)⁴ e (CAPES, 2017)⁵.

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
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

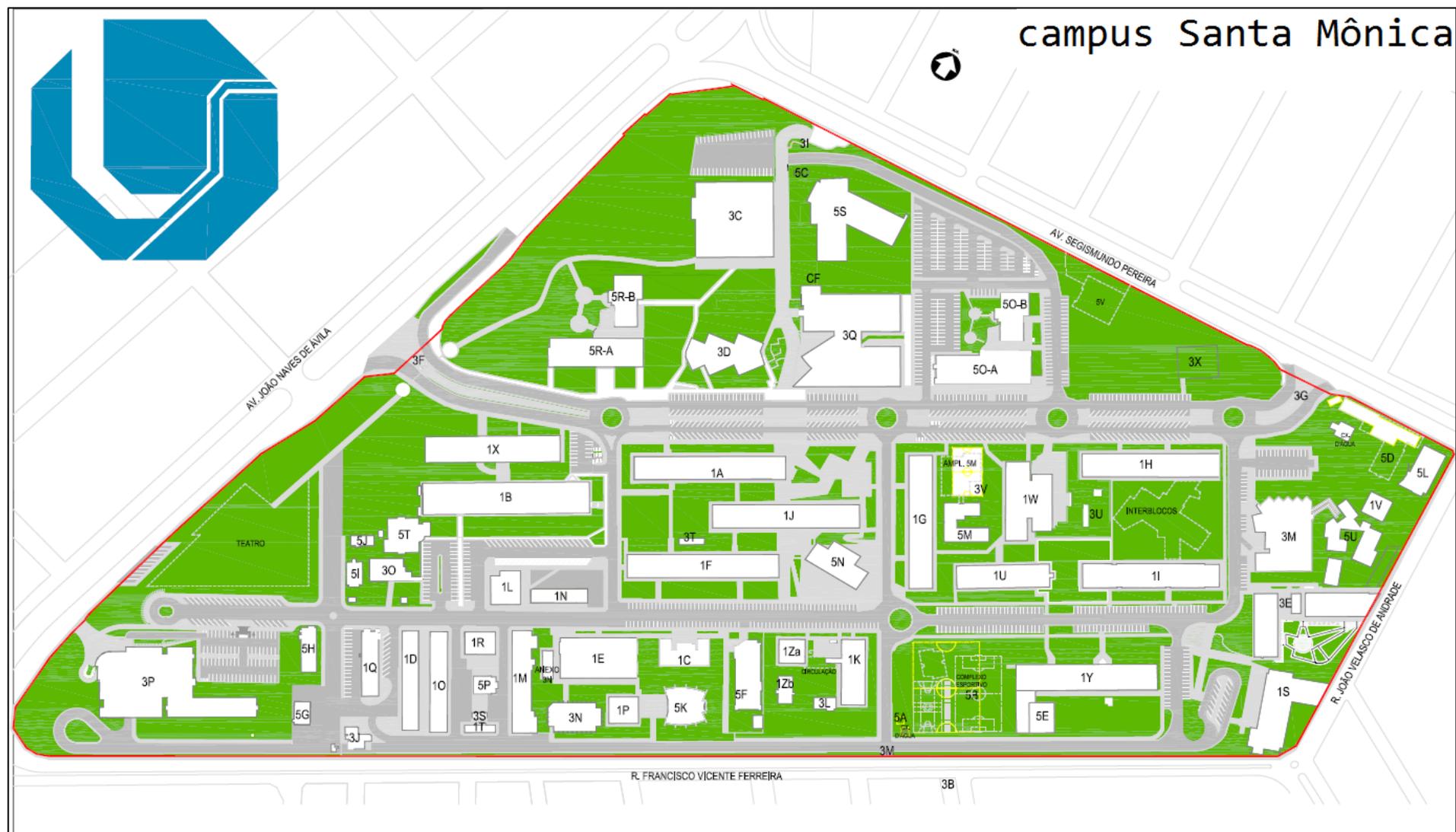
Fonte: Adaptado de UFU, 2018.

⁴ 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>.

⁵ 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>

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 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)

4 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>. Acesso 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: Wriqth, 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. **Gest. Prod.**, 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, 2015b. 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, 2015a. 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.

CAPÍTULO 2

MODELAGEM DE SÉRIES TEMPORAIS PARA DEMANDA E CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NO CAMPUS SANTA MÔNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA.

1 RESUMO

Diante da relevância que a energia elétrica assume para as sociedades modernas e a necessidade de sua conscientização para o uso racional deste recurso, as Instituições de Ensino Superior (IES) representam uma importante instância, considerando tanto sua função formadora, quanto a aplicação de uma gestão voltada à eficiência energética. Neste sentido, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar a utilização de energia elétrica no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), tomando como base os registros de demanda de potência (kW) e consumo de energia elétrica (kWh) em horário de ponta (HP) e horário fora de ponta (HFP), descrevendo seus componentes, e calculando previsões para períodos subsequentes através de modelos ajustados para as séries. A análise permitiu identificar, nas séries, a presença dos componentes, tendência e sazonalidade, associadas às questões estruturais para tendência e relacionadas aos calendários acadêmicos para a sazonalidade. Os modelos ajustados para todas as séries foi o Aditivo de Holt- Winters, que apresentaram uma boa adequabilidade considerando os resultados obtidos para suas medidas de ajustes R^2 (entre 0,77 a 0,85), Erro de Porcentagem Absoluta Médio (MAPE) (entre 9,8% e 13,8%) e para a validação de suas previsões. Espera-se com este estudo, proporcionar apontamentos para a melhoria da gestão do uso de energia elétrica na UFU/Campus Santa Mônica, contribuindo para a eficiência energética e o uso racional dos recursos energéticos.

Palavras Chave: *Instituições de ensino superior, Holt-Winters, previsões.*

Times series modeling for electrical energy demand and consumption at the Santa Mônica campus of the Federal University of Uberlândia.

2 ABSTRACT

In view of the relevance of electric energy to modern societies and the need to raise awareness about the rational use of this resource, Higher Education Institutions (HEIs) represent an important instance, considering both its educational function and the management application, which is focused on energy efficiency. In this sense, the objective of this study was to characterize the use of electric energy in the Santa Mônica campus of the Federal University of Uberlândia (UFU), based on the records of power demand (kW) and electricity consumption (kWh) (HP) and off-peak time (HFP), describing its components, and calculating predictions for subsequent periods through series-adjusted models. The analyses allowed to identify, in the series, the presence of the components, trend and seasonality, associated to the structural issues for trend and related to the academic calendars for the seasonality. The adjusted models for all series were the Holt-Winters Additive, which presented a good suitability considering the results obtained for their measures of adjustments

R^2 (in between 0,77 and 0,85), Average Absolute Percent Error (MAPE) (in between 9,8% and 13,8%) and for the validation of their predictions. The aim of this study is to provide guidelines for improving the management of electric energy use at UFU / Campus Santa Mônica, contributing to energy efficiency and the rational use of energy resources.

Keywords: Higher education institutions, Holt- Winters, forecasts.

3 INTRODUÇÃO

A energia elétrica tem-se fundamentado como um importante recurso para a sustentação e desenvolvimento das sociedades modernas, se tornando gradualmente um bem de consumo essencial para todas as suas atividades. Com base neste cenário deve-se considerar a existência de uma conexão íntima entre energia renovável e a qualidade ambiental, acerca de sua geração (DINCER, 2000).

Neste sentido, o Brasil apresenta, ainda, condições favoráveis a uma trajetória sustentável para geração de energia elétrica, considerando a forte concentração em energias renováveis, principalmente a fonte hidráulica (GOLDEMBERG, 2015), aproximadamente 65% (MME, 2018). No entanto, a geração de energia elétrica nacional também representa danos ao meio ambiente, principalmente pelo processo de carbonização que a matriz energética brasileira tem enfrentado, com o aumento da participação das fontes de combustíveis fósseis, com a utilização crescente de termelétricas (GOLDEMBERG, 2015). Outro aspecto preocupante associado à concentração da energia gerada por hidrelétricas, é a sua dependência das variações climáticas e seus regimes hídricos (PEREIRA FILHO, 2015), além disso, essa fonte representa também danos ao meio ambiente, levando-se em conta, a necessidade de formação de grandes reservatórios, afetando assim, fauna e flora, aquática e terrestre, além das comunidades locais (MENKES, 2003; SILVA; NASSAR, 2016).

Quanto à sua utilização, as Instituições de Ensino Superior (IES) apresentam uma função relevante, especialmente, no que tange o uso racional e eficiente de energia elétrica (SILVA; NASSAR, 2016). Isso, representa a redução de sua utilização, conseqüentemente diminuição do desperdício e dos gastos, e retorno financeiro, concomitantemente numa perspectiva mais ampla, qualquer redução na demanda, ocasiona uma diminuição da sobrecarga para todo o sistema energético (SILVA; NASSAR, 2016). Prieto (2012) destaca que a utilização da energia elétrica é um importante indicador para avaliação do desempenho ambiental das universidades. Este recurso está associado a grandes impactos ambientais, além de representar grande parcela dos gastos destas instituições.

Pela perspectiva do uso da energia, torna-se relevante a necessidade das instituições/ organizações tanto do setor público quanto privado de estabelecer um plano de gestão, sendo que o seu gerenciamento requer o pleno conhecimento das normas que regulamentam a distribuição e o consumo da energia elétrica, conforme estabelecidos pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2010a e b), bem como os hábitos de utilização dessa determinada instituição ou instalação (OLIVEIRA, 2006).

O principal objetivo do estudo de séries temporais é identificar estatisticamente um modelo, que apresenta o melhor ajuste para as séries históricas a serem analisadas, considerando seus registros, no caso deste estudo, do consumo e demanda de energia elétrica na UFU, incluindo também o cálculo de seus valores futuros. Tem-se como hipóteses que a análise da energia elétrica e o comportamento do consumo e demanda de potência podem ser descritos por modelos de séries temporais. Esses modelos terão potencial para balizar decisões administrativas institucionais que permitam uma racionalização e melhor uso da energia elétrica, pois espera-se evidenciar claramente sazonalidade e tendência na utilização de energia elétrica na UFU/ Santa Mônica.

Assim sendo, este estudo propõe caracterizar os hábitos, de consumo de energia elétrica, para o campus Santa Mônica da UFU, por meio das séries temporais para as variáveis de demanda de potência e consumo de energia em horário de ponta (HP) e em horário fora de ponta (HFP).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados avaliados para o consumo de energia elétrica, no Campus Santa Mônica, da UFU, em Uberlândia-MG, foram obtidos por meio das faturas emitidas pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG).

A cidade de Uberlândia localiza-se na região central do Brasil, no Estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. A UFU 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). Uberlândia se encontra na latitude de $18^{\circ} 55' 25''S$, longitude de $48^{\circ} 17' 19''W$. Segundo a classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido com inverno frio e seco.

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 359.695m². 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 117.295m² (PROPLAD/DIRPL/DIESI/ UFU, 2017) e (CAPES, 2017).

As variáveis analisadas neste estudo foram: i) demanda de potência medida e suas variações em HP e em HFP; e ii) consumo de energia elétrica e suas variações em HP e em HFP, no período de janeiro de 2004 a dezembro de 2017, totalizando, assim, 168 observações para cada série. Ressalta-se que, entre os registros apresentados, obteve-se 154 observações válidas, considerando algumas lacunas encontradas, entre elas, o ano de 2006 e os meses de novembro e dezembro de 2007, períodos sem registros não tendo sido possível a localização dos documentos físicos (faturas), tão pouco registros históricos em sistemas de controle, em parte pela ausência de registros eletrônicos da UFU e também por conta da temporalidade de arquivamento deste tipo de documentos, conforme definido pelo Conselho Nacional de Arquivos (CONARQ) (2001). Utilizou-se os valores referentes ao ano de 2018 para comparação com as previsões obtidas, como medida de validação dos modelos ajustados.

Inicialmente, a série foi analisada graficamente (SILVA, et al., 2008), e considerando as características identificadas visualmente, tais como a tendência e a sazonalidade, e com base no comportamento geral das séries foi possível deduzir que o comportamento de seus dados seguem um padrão aditivo (BRILLINGER, 2015). De acordo com Morettin e Tolo (2006) e Ferraz (1999), testou-se a tendência e a sazonalidade pelo Teste F (ANOVA). A partir deste ponto, buscou-se identificar, por meio do software IBM SPSS Statistics 20® (SPSS), e sua aplicação “expert modeler” (KHALIQ, et. al. 2015), o modelo que melhor explica o comportamento das séries, considerando seus parâmetros tais como o nível, tendência e sazonalidade, analisando também os critérios para explicação dos resultados obtidos pelo modelo, considerando, a significância em 5%, para os valores do R², do Erro de porcentagem absoluta média (MAPE), da autocorrelação dos resíduos e validação de suas previsões para o ano de 2018.

Visando justificar possíveis ocorrências externas no comportamento da demanda e consumo de energia elétrica, verificou-se a contribuição do Programa de Apoio a Planos de Reestruturação e Expansão das Universidades Federais (REUNI) para tendência de crescimento tanto da demanda como do consumo de energia elétrica, realizou-se uma análise histórica do desenvolvimento da UFU, com enfoque para o Campus Santa Mônica, considerando o aumento do número de usuários do campus (estudantes e servidores) e

também o incremento da área construída (m²), o levantamento foi pautado no REUNI a partir do Decreto nº 6.096 (BRASIL, 2007), e também no Plano de Expansão da UFU, 2008-2012. Para verificação da variação sazonal, examinou-se as resoluções dos Conselhos Superiores da UFU, afim de apurar os períodos de férias e de atividades letivas.

Consultou-se também o Laboratório de Climatologia do Instituto de Geografia da UFU – IGUFU, e sua Estação Meteorológica Automática, vinculada ao Instituto Nacional de Meteorologia – INMET, para obtenção de dados meteorológicos, tais como: a) temperatura, b) precipitação e c) umidade relativa do ar, com a finalidade de identificar as características climáticas em Uberlândia/ MG e verificar se existe relação entre o consumo de energia elétrica e as variações climáticas observadas no período analisado, considerando a sazonalidade.

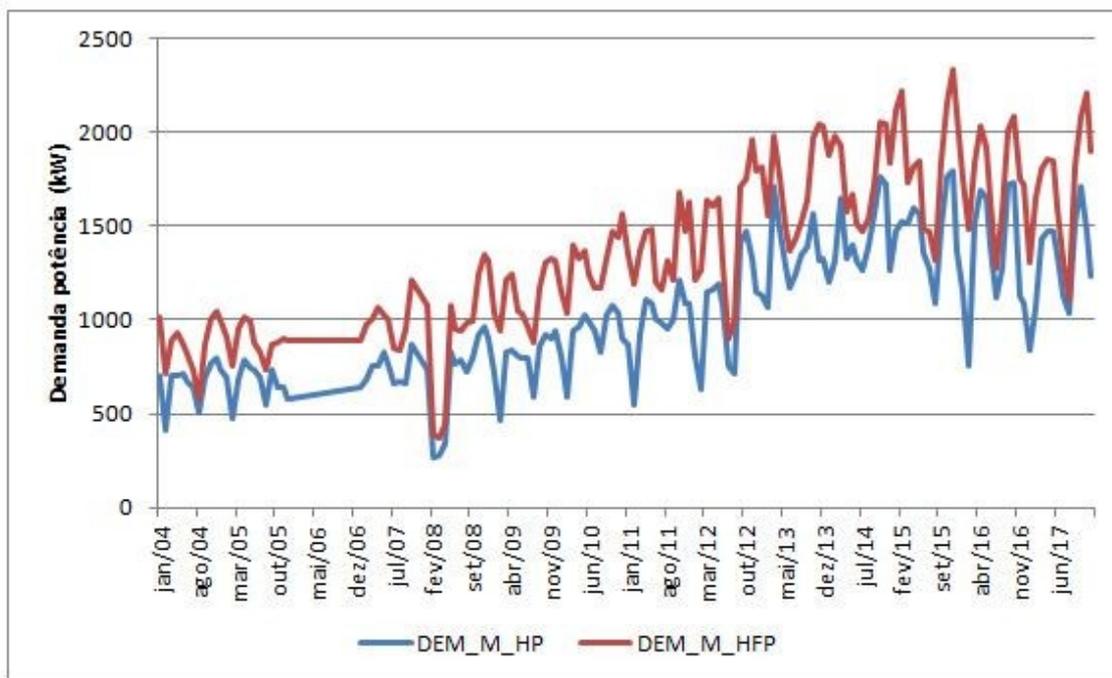
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise exploratória das séries de demanda e consumo de energia elétrica

A análise estatística exploratória possibilitou a identificação visual de características importantes do comportamento da utilização de energia elétrica no campus Santa Mônica da UFU, destaca-se entre as Figuras 1 e 2 os indícios de tendência e sazonalidade, fundamentais para a análise de séries temporais e a identificação de seus modelos. Estas características foram identificadas também por Prado et. al. (2014) em suas análises acerca da demanda de potência na Universidade Federal de Lavras (UFLA). Outros trabalhos, em áreas distintas, também identificaram, visualmente, características de tendência e/ou sazonalidade, em suas séries, como a análise da precipitação de chuva feita por Pua et. al (2016) e o estudo sobre uma série de registros de temperatura climática em Uberlândia, MG, realizada por Silva et. al (2008), sendo nestes casos identificadas características sazonais apenas.

A Figura 1 apresenta o comportamento da demanda de potência HP e HFP no campus Santa Mônica da UFU, considerando seus registros mensais, ao longo do período analisado. Pode-se perceber visualmente a presença de indícios de sazonalidade, considerando os picos recorrentes ao longo da série, também nota-se a presença de tendência, tendo em vista a inclinação significativa na análise completa dos registros da série.

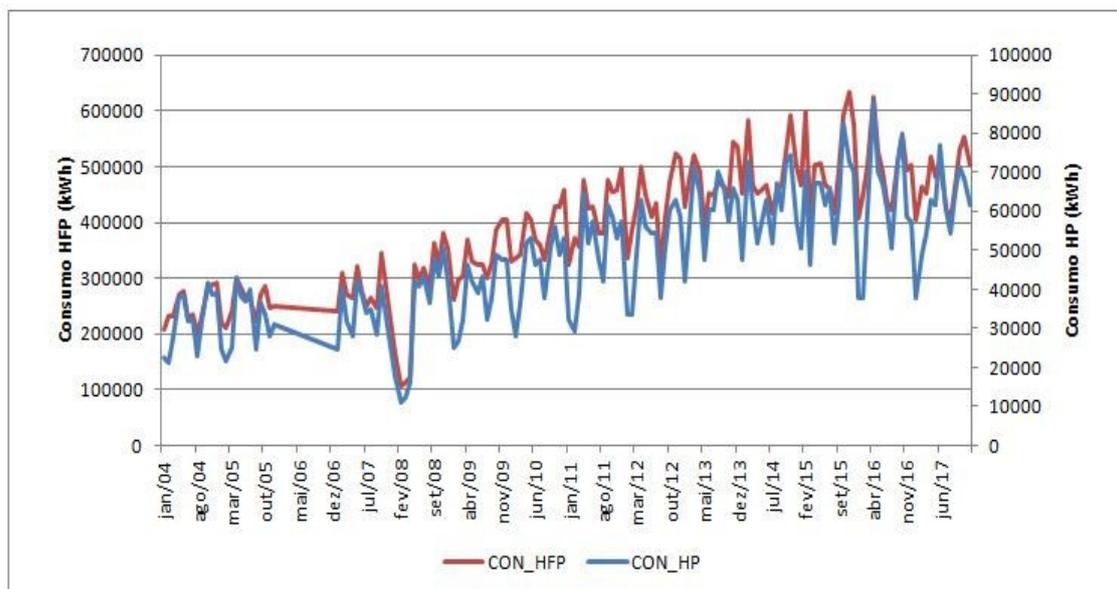
FIGURA 1 – Série mensal de demanda de potência medida HP e HFP (kW) na UFU/ Campus Santa Mônica, no período de jan/04 a dez/17.



Org.: do Autor, 2018.

A Figura 2 apresenta o comportamento do consumo de energia elétrica HP e HFP no campus Santa Mônica da UFU, considerando seus registros mensais, ao longo do período analisado. Percebe-se visualmente a presença de características de sazonalidade, considerando a variação regular nos dados em subperíodos recorrentes ao longo da série, também nota-se a presença de tendência, tendo em vista o movimento persistente nos dados em uma dada direção da série.

FIGURA 2 – Série mensal de consumo de energia (kWh) HP e HFP na UFU/ Campus Santa Mônica, no período de jan/04 a dez/17.



Org.: do Autor, 2018.

As Figuras 1 e 2 apresentam visualmente indícios de tendência de crescimento, ao longo da série, da demanda e do consumo de energia elétrica no campus Santa Mônica da UFU, tanto para HP como para HFP. Acredita-se que, em parte, esse crescimento tenha sido ocasionado pelo desenvolvimento e expansão do referido campus da UFU, considerando as políticas de investimentos do Governo Federal, principalmente no decênio de 2004 à 2013, com o REUNI e outros programas de expansão das universidades públicas brasileiras, o que representou um incremento em área construída, aquisição de equipamentos e aumento do número de usuários por meio da abertura de novas vagas para estudantes, docentes e técnicos administrativos, decorrentes da abertura de novos cursos, novas turmas e novos turnos de cursos já existentes.

Na Tabela 1 é apresentado o crescimento acumulado médio para demanda de 95,61%, média entre HP e HFP, e para o consumo de 89,9%, média entre HP e HFP, destacando os registros iniciais no ano 2004 e finais em 2017, para as variáveis de demanda e consumo HP e HFP, corroborando com os indícios de tendência identificados visualmente nas séries, tendo sido possível notar um crescimento mais acentuado a partir do ano de 2008, com o pico de maior demanda e consumo no ano de 2015.

TABELA 1 – Crescimento da demanda e consumo HP e HPF, considerando a média anual, no Campus Santa Mônica da UFU.

		Inicial – 2004	Final – 2017	Crescimento acumulado	Média de crescimento
Demanda medida (kW)	HP	669,58	1.309	95,49%	95,61%
	HFP	873,17	1.709,17	95,74%	
Consumo (kWh)	HP	32.153,33	60.316,67	87,59%	89,9%
	HFP	247.566,7	475.883,3	92,22%	

Org.: do Autor, 2018.

Para a fundamentação da análise considerando os indícios de tendência de crescimento da demanda e consumo de energia elétrica na UFU, e o aporte do REUNI, tem-se nas tabelas 2, 3 e 4 as informações referentes ao número de usuários e da área construída no campus Santa Mônica da UFU, no período correspondente à série temporal em questão. Neste sentido apurou-se um crescimento acumulado de aproximadamente 75,85% do número de usuários (Tabela 2 e Tabela 4), representando um crescimento médio anual de 5,47%, considerando o número de discentes e servidores (docentes e técnicos administrativos) e uma expansão de 52,25% da área construída, representando um crescimento médio anual de 3,73%. (Tabela 3 e Tabela 4). (PROPLAD/DIRPL/DIESI/UFU, 2017), (CAPES, 2017) e (PRIETO, 2005).

TABELA 2 – Evolução do número de usuários do campus Santa Mônica da UFU, considerando as categorias discente, docentes e técnicos administrativos (TA).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2105	2016	2017
Discente	8337	8342	8738	9332	9594	9378	10791	12736	13474	12861	13273	14150	14309	15808
Docente	655	664	648	695	706	768	838	897	930	1018	1004	1060	1076	1066
TA	1537	1700	1699	1558	1892	1573	1541	1656	1599	1675	1756	1840	1866	1712
Total	10569	10706	11085	11585	12192	11719	13170	15289	16003	15554	16033	17050	17251	18586

Fonte: PROPLAD/DIRPL/DIESI/ UFU e CAPES, 2017.

TABELA 3 – Evolução da área construída na UFU/ Santa Mônica (m²).

Área construída (m ²)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
	77034,84	Não Identificado	91783,46				
	2011	2012	2013	2014	2105	2016	2017
	102811,46	102811,46	110100,46	110100,46	116144,00	117295,01	117295,01

Fonte: PRIETO, 2005 e PROPLAD/DIRPL/DIESI/ UFU, 2017.

TABELA 4 – Expansão da UFU/ Santa Mônica, número de usuários e área construída.

	Inicial – 2004	Final – 2017	Crescimento	Média de crescimento anual
Número de usuários	10.569	18.586	75,85%	5,41%
Área construída (m²)	77.034,84	117.295,01	52,25%	3,73%

Org.: do Autor, 2018.

Conforme observado por Lo (2013), em seu estudo acerca do comportamento do uso de energia elétrica nas IES chinesas, o consumo e a demanda de energia elétrica nestas instituições podem apresentar variações, considerando seus aspectos estruturais, como a área construída e o número de usuários. Serna et. al (2011), considera a expansão, que as IES brasileiras vivenciaram principalmente a partir do ano de 2008, como um fator preponderante para a tendência de crescimento do consumo e da demanda de energia elétrica. Ratificando, assim, a importância da característica, de tendência, identificada na análise acerca da contribuição da expansão da UFU/Santa Mônica, no período analisado. Prado et. al. (2014) percebeu movimento similar também em suas observações referentes ao comportamento da utilização de energia elétrica na UFLA.

Outra característica identificada na análise refere-se à sazonalidade, considerando o comportamento geral da série, para demanda e consumo HP e HFP, sendo que o mesmo demonstra uma forte relação com os períodos definidos pelos calendários acadêmicos, sendo possível evidenciar os períodos de férias e os semestres letivos, neste último com picos de utilização de energia principalmente em seus encerramentos, reforçando, assim, a característica de variação sazonal.

Com base na inspeção visual dos gráficos gerados para a análise preliminar, de acordo com Morettin e Tolo (2006) e considerando as características identificadas de tendência e sazonalidade, sendo o padrão observado, para sazonalidade, estacionário de amplitude, tem-se apontamento para séries com propriedades que permitem classificá-las como sendo aditivas. Neste sentido, buscou-se aplicar também o teste de decomposição sazonal, este procedimento, decompõe a série em um componente sazonal, com o intuito de averiguar o componente de sazonalidade, contribuindo para a identificação do comportamento da série, e sua característica aditiva. Na Tabela 5, são

apresentados os valores da decomposição sazonal para as variáveis de demanda medida e consumo HP e HFP.

TABELA 5 – Valores para decomposição sazonal, modelo aditivo, demanda e consumo HP e HFP, na UFU/ Santa Mônica.

	DEMANDA_HP (kW)	DEMANDA_HFP (kW)	CONSUMO_HP (kWh)	CONSUMO_HFP (kWh)
Período	Fator Sazonal	Fator Sazonal	Fator Sazonal	Fator Sazonal
Jan	-119,179	-6,916	-14368,028	-56806,269
Fev	-263,790	-97,756	-8913,861	-11885,714
Mar	64,849	50,355	-5493,583	-29241,825
Abr	73,168	41,619	4874,195	21836,786
Mai	96,467	50,049	3172,806	8515,397
Jun	-4,762	-141,458	4061,417	-5329,047
Jul	-93,192	-259,221	1016,692	-25050,955
Ago	-130,908	-226,881	-5077,472	-46084,603
Set	92,495	6,750	2826,695	692,897
Out	200,856	206,639	8541,417	36812,897
Nov	104,759	212,750	6117,861	60046,481
Dez	-20,762	164,070	3241,861	46493,953

Org.: do Autor, 2018.

A decomposição sazonal, em seu modelo aditivo, apresenta a variação em torno das médias mensais, destacam-se os meses com registros abaixo da média, comum a todas as variáveis, sendo: i) janeiro; ii) fevereiro e; iii) agosto. Os meses com registro de ultrapassagem: i) abril; ii) maio; iii) setembro; iv) outubro e; v) novembro. Essa variação apresentada corrobora com a relação identificada para o comportamento da utilização de energia elétrica tendo como fator principal os períodos letivos e de férias definidos pelos calendários acadêmicos da UFU.

Identificou-se por meio das resoluções dos Conselhos Superiores da UFU, que estabeleceram os calendários acadêmicos do período analisado, que predominantemente os meses de férias compreendem: no início do ano, janeiro, fevereiro e meados de março, e entre o primeiro e segundo semestres, se concentram em meados de julho e meados de agosto principalmente.

Os demais meses que apresentam comportamento da variação acima da média representam respectivamente os meses letivos dos primeiro e segundo semestres, compreendendo o pleno funcionamento das instalações do campus Santa Mônica da

UFU com a presença efetiva de seus usuários, estudantes e servidores, desenvolvendo suas atividades de forma plena. Possíveis variações encontradas no comportamento sazonal das séries analisadas podem estar associadas a períodos de greves e ou reposições de aulas, bem como outros eventos ocorridos de ordens diversas, como, por exemplo: o adiamento do primeiro semestre de 2009 decorrentes do surto de gripe H1N1, ou a modificação no período de férias no ano de 2014 por conta da realização da copa do mundo de futebol no Brasil. Silva e Nassar (2016) notaram comportamento semelhante no Instituto Federal Fluminense (IFF), com relação à diminuição do uso de energia elétrica nos períodos de férias, recessos de fim de ano, carnaval e período de greves, o que representa a ausência de grande parte dos usuários do campus.

5.2 Associação entre as variáveis meteorológicas e a utilização da energia elétrica

Com base no pressuposto, do pleno conhecimento dos hábitos de utilização de energia elétrica para que seja possível o seu gerenciamento, torna-se relevante à verificação das variáveis climáticas em Uberlândia/MG, para análise de possíveis indícios de interferência no comportamento destes hábitos, considerando a demanda e consumo de energia elétrica. (OLIVEIRA, 2006)

As médias apuradas, para as variáveis precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%) são complementares, e corroboraram com a classificação climática da região, segundo classificação de Köppen, Aw, que apresenta um verão quente e úmido e um inverno frio e seco (SILVA, et. al, 2008). Para a análise da gestão de energia elétrica estas informações comprovam também a classificação, estabelecida pela ANEEL (2010), quanto à variação da cobrança tarifária considerando os períodos úmido e seco, sendo o período úmido compreendido pelos meses de dezembro a abril, e o período seco representado pelos meses de maio a novembro.

Buscou-se representar na Tabela 6, as variações em torno da média das variáveis meteorológicas e da utilização de energia elétrica, com o intuito de identificar visualmente o comportamento destas variáveis em relação à suas respectivas médias identificando sua similaridade com base nas variáveis de energia elétrica, demanda e consumo.

Silva (2014) verificou a correlação entre o comportamento da demanda e da temperatura, no campus Santa Mônica da UFU, considerando dois dias do ano de 2013, sendo um com o registro da maior temperatura e outro com o registro da menor

temperatura na cidade de Uberlândia, tendo sido possível concluir que independente da variação da temperatura ambiente entre dias quente e frios, o comportamento da demanda se mostrou constante.

TABELA 6 - Comparativo das variáveis e seu comportamento em torno da média por mês

Mês	Precipitação (110,43mm)	Temperatura (23,06°C)	UR (61,12%)	Consumo - HP (48.021,81kWh)	Consumo - HFP (390.118,18kwh)	Demanda medida - HP (1.038,24kW)	Demanda medida - HFP (1373,19kW)
Janeiro	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓
Fevereiro	↑	↑	↑	↓	↓	↓	↓
Março	↑	↑	↑	↓	↓	↑	↑
Abril	↓	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Maiο	↓	↓	↑	↑	↑	↑	↑
Junho	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓
Julho	↓	↓	↓	↑	↓	↓	↓
Agosto	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Setembro	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑
Outubro	↓	↑	↓	↑	↑	↑	↑
Novembro	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Dezembro	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑

↑ Valores acima da média

↓ Valores abaixo da média

Org: do Autor, 2018.

Tal comparativo, Tabela 6, evidencia um comportamento aleatório entre as variações em torno das médias das variáveis meteorológicas e a variação em torno das médias das variáveis de utilização de energia elétrica, comprovando assim, os indícios já encontrados em outras análises de que o comportamento da utilização da energia elétrica no campus Santa Mônica da UFU está diretamente relacionado aos períodos de atividade e de férias definidos por seus calendários acadêmicos, sendo que as variações climáticas não são relevantes para o comportamento das variáveis de demanda e consumo de energia elétrica.

5.3 Ajuste dos modelos de séries temporais para demanda de potência medida e consumo de energia elétrica

Considerando as características, identificadas visualmente, por meio da análise estatística exploratória, como a tendência, e a sazonalidade, estas são confirmadas pelos resultados do Teste de ANOVA, para as variáveis, consumo e demanda HP e HFP. Para o fator ano, obteve-se p-valor $< 0,001$, portanto altamente significativo, ratificando assim, a presença de tendência. Para o fator mês, identificou-se p-valor $< 0,001$, altamente significativo, admitindo sazonalidade na série. Ferraz (1999), em sua análise sobre séries de precipitações de chuva em Lavras, utilizando-se do teste ANOVA, obteve resultado similar para o fator mês, indicando sazonalidade na série observada, e para o fator ano, o autor encontrou p-valor não significativo, indicando assim, uma série sem tendência.

Com base no comportamento dos dados referentes à demanda e o consumo, comprova-se por meio desses indícios que o método de suavização exponencial e seu modelo aditivo de Holt-Winters se enquadra de maneira satisfatória para a explicação e previsão da série, conforme resultado obtido na análise estatística, por meio do SPSS. Esse mesmo modelo mostrou-se adequado também para o ajuste de séries temporais de chuvas, utilizado para examinar o padrão de precipitação na bacia do Rio Langat, Malasia, conforme apresentado por Puah et. al (2016).

A partir da identificação do modelo aditivo de Holt-Winters para todas as variáveis, foram calculados seus parâmetros de suavização exponencial sendo o nível, a tendência e a sazonalidade, considerando os valores obtidos para a estimativa. Todos os parâmetros obtidos foram listados na Tabela 7.

TABELA 7 – Parâmetros do modelo de suavização exponencial (Equação 2), considerando a estimativa.

Variável	Nível (A)	Tendência (C)	Sazonalidade (D)
Demanda HP (kW)	0,277	0,000393	0,001000
Demanda HFP (kW)	0,602	0,000011	0,000175
Consumo HP (kWh)	0,140	0,001171	0,001000
Consumo HFP (kWh)	0,302	0,000011	0,001000

Org.: do Autor, 2018.

A adequação do modelo obtido foi inferida por R^2 e MAPE, considerando que: i) R^2 é o coeficiente de determinação, sendo a proporção de variação na variável dependente explicada pelo modelo de regressão e; ii) MAPE, medida de quanto uma série dependente varia de seu nível previsto pelo modelo. Seus resultados para todas as variáveis do estudo foram registrados na Tabela 8.

TABELA 8 – Valores de adequação dos modelos para utilização de energia elétrica na UFU/ Santa Mônica, R^2 e MAPE.

Variável	R^2	MAPE (%)
Demanda – HP (kW)	0,830	13,0
Demanda – HFP (kW)	0,835	11,0
Consumo – HP (kWh)	0,772	13,8
Consumo – HFP (kWh)	0,849	9,8

Org.: do Autor, 2018.

Com base nos resultados obtidos pelo R^2 o ajuste do modelo para a demanda tanto em HP quanto em HFP, podem ser explicado em 83% dos casos. Para a variável consumo observa-se uma diferença maior na precisão do modelo, sendo que em HFP o ajuste encontrado pode ser explicado em quase 85% dos casos, enquanto que para o consumo em HP o resultado obtido foi de 77% de explicação. Gil-Vera (2017) também avaliou o R^2 , como medida para verificação da qualidade do ajuste do modelo para a série de demanda mensal de energia elétrica no Sistema Interconectado Nacional (SIN) da Colômbia, seu modelo obteve R^2 maior, próximo a 95%, resultado este que é variável, de acordo com as características da série, como o período observado e a ocorrência ou não de tendência e sazonalidade.

Para os registros de MAPE, Lewis (1982) apud Puah et. al (2016, p. 274) desenvolveu uma escala para julgar a precisão do ajuste do modelo previsto usando o MAPE, como mostrado na Tabela 9.

TABELA 9 – Escala de julgamento da exatidão da previsão para MAPE.

MAPE	Precisão da previsão
Menos do que 10%	Altamente acurado
11% a 20%	Boa previsão
21% a 50%	Previsão razoável
51% ou mais	Previsão imprecisa

Fonte: Puah et. al. (2016, p. 274)

Considerando os resultados obtidos pelo MAPE e a escala de julgamento da precisão da previsão do modelo, descrito na Tabela 9, proposta por Lewis, 1982, verifica-se que os resultados encontrados variam entre altamente acurado à boa previsão, o que posiciona o ajuste como eficiente no que tange aos objetivos do trabalho, quanto à proposta para identificação de um modelo estatístico e a predição de valores futuros. Observa-se ainda, um comportamento similar, para a variável demanda HP e HFP, enquadrado como uma boa previsão. Sendo que a variável consumo apresenta uma maior diferença entre o HP e HFP, tendo sido a primeira enquadrada como boa previsão, e a segunda como uma previsão altamente acurada.

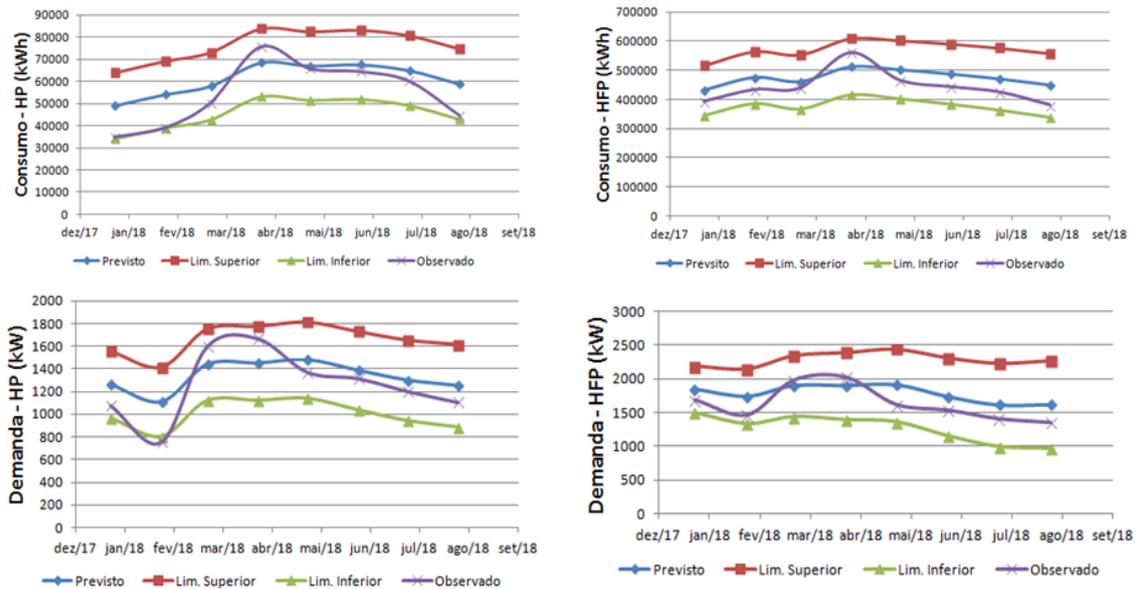
Verificou-se também o comportamento dos resíduos das séries, com o intuito de avaliar se estes são resíduos brancos, corroborando com a adequação do ajuste dos dados do modelo. Foi possível observar, que os resíduos não apresentam padrões óbvios para as séries analisadas de demanda e consumo HP e HFP, tendo sido verificada também por meio da matriz de correlação de Pearson, sendo os p-valores encontrados, para as variáveis, não significativos ($p\text{-valor} > 0,05$), indicando assim que seus resíduos são aleatórios e o modelo aditivo de Holt-Winters se mostrou adequado para o ajuste das séries analisadas.

5.4 Precisão e validação da previsão dos modelos

A fim de testar a precisão da previsão e como medida de validação dos resultados das séries de utilização de energia elétrica na UFU, para demanda e consumo em HP e HFP, usando o modelo aditivo de Holt-Winters, utilizou-se como base os registros mensais para as variáveis em questão no ano de 2018 para os meses de janeiro a agosto.

Para cada mês do ano de 2018 foi calculado os valores segundo os componentes do modelo, considerando o intervalo de confiança (95%) e seus limites superior e inferior. A Figura 3 refere-se às séries de demanda em HP, demanda em HFP, consumo em HP e consumo em HFP e apresenta os valores previstos, intervalos de confiança (95%), limites superior e inferior e o comportamento dos valores observados.

FIGURA 3 – Diagrama de validação do modelo para as séries de demanda e consumo em HP e HFP, UFU/ campus Santa Mônica – 2018.



Org.: do Autor, 2018.

Deve-se ressaltar que o erro percentual médio, para as previsões em comparação com os valores observados, considerando os registros de janeiro a agosto de 2018, apresentou variação abaixo da média, respectivamente: i) 6,46% para demanda HP; ii) 8,06% para demanda HFP; iii) 12,11% para consumo HP e; iv) 6,54% para consumo HFP. Essa característica, decrescente, do comportamento das previsões das variáveis está diretamente associada ao comportamento identificado para tendência nos registros dos anos de 2016 e 2017 (FIGURAS 1 e 2). Entretanto nota-se que o comportamento dos valores observados para cada uma das series analisadas, situam-se, em sua quase totalidade, entre o intervalo de confiança e próximo aos valores previstos, validando assim, as previsões obtidas e reforçando desta maneira a adequação do ajuste dos modelos identificados. Gil-Vera (2017), Silva et. al (2008) e Prado et. al (2014), utilizaram também desta metodologia para validação de suas previsões, tendo identificado comportamentos semelhantes aos observados na Figura 3.

6 CONCLUSÕES

Com base nas análises descritivas e ratificadas pelo Teste ANOVA, pôde-se identificar características, presentes nas séries, de tendência e sazonalidade, sendo estas, diretamente relacionadas aos fatores estruturais, considerando o aumento do número de usuários e da área construída no campus Santa Mônica, para tendência, e seus calendários acadêmicos, considerando os períodos de férias e de plena atividade associados à variação sazonal.

Os modelos com melhor ajuste para as séries foi o Aditivo de Holt-Winters, para todas as variáveis. Em relação às medidas de ajuste do modelo, destaca-se os resultados obtidos pelo R^2 e MAPE posicionando o ajuste como eficiente no que tange aos objetivos do trabalho, para a identificação de um modelo estatístico. Deve-se ressaltar que comparativamente entre os modelos identificados, o ajuste que se mostrou mais adequado corresponde à série de consumo HFP sendo uma pequena diferença identificada entre eles.

Destaca-se neste sentido 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 conseqüentemente redução de seus gastos, cooperando desta maneira para diminuição da utilização dos recursos ambientais necessários para a geração da energia elétrica.

7 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>. Acesso em: 14 mai. 2018.

BRASIL. Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. **Número de estudantes de pós-graduação (mestrado e doutorado)**, 2017. Disponíveis em: <https://sucupira.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/discente/listaDiscente.jsf>. Acesso em: 01 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. Presidência da República. **Decreto n. 6.096**, de 24 de abril de 2007. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2007/Decreto/D6096.htm. Acesso em: 26 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.

CONSELHO NACIONAL DE ARQUIVOS (Brasil). **Classificação, Temporalidade e Destinação de Documentos de Arquivos Relativos às Atividades: Meio da Administração Pública**, [S.l.]: [s.n], 2001.

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.

FERRAZ, M, I, F. **Uso de modelos de séries temporais na previsão da série de precipitação pluviométrica mensais no município de Lavras – MG**. 1999. 97p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

GIL-VERA, V. Pronóstico de la demanda mensual de electricidad con series de tiempo. **Revista EIA**, [S.l.], v, 13, n. 26, p. 111-120, mar. 2017. ISSN 2463-0950. Disponível em: [HTTPS://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/749](https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/749). Acesso em: 26 abr. 2018.

GOLDEMBERG, J. O estado atual do setor elétrico brasileiro. **Revista USP**, [S.l.], v. 1, p. 39-44, 2015a. 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.

IBM Corp. **Released 2011**. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

KHALIQ, A., BATOOL, S. A., CHAUDHRY, M. N., Seasonality and trend analysis of tuberculosis in Lahore, Pakistan from 2006 to 2013, **Journal of Epidemiology and Global Health**, [S.l.], v. 5, Issue 4, p. 397-403, 2015, ISSN 2210-6006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221060061500088X>. Acesso em: 08 ago. 2018.

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

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 em: <http://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/106760>. Acesso em: 24 set. 2017.

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., **Os desafios institucionais e municipais para implantação de uma cidade universitária**: o Campus Glória da Universidade Federal de Uberlândia. 2005. 268 p. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

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.

PUAH, Y.J, HUANG, Y. F., CHUA, K.C., LEE, T.S.,
River catchment rainfall series analysis using additive Holt-Winters method. **Journal of Earth System Science**, [S.l.], v.125, n. 2, p.269-284. 2016. Disponível em: <https://doi-org.ez34.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12040-016-0661-6>. Acesso em: 27 jun. 2018.

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.

SILVA, L. C. **Avaliação da qualidade da energia elétrica em um campus universitário.** 2014. 252 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2014.

SILVA, M. I. S; GUIMARÃES, E. C; TAVARES, M., Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental.** Campina Grande, v.12, n.5, p.480-485, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000500006>. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n5/v12n05a06.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2018.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Pró-Reitoria de Planejamento e Administração. **Dados Gerais 2016 Ano Base 2015.** Uberlândia, MG. 2016. 247 p. Disponível em: http://www.proplad.ufu.br/sites/proplad.ufu.br/files/media/arquivo/anuario_2016_-_base_2015.pdf. Acesso em: 27 de setembro de 2017.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA. Pró-Reitoria de Planejamento e Administração. **Dados Gerais 2017 Ano Base 2016.** Uberlândia, MG. 2017. 35 p. Disponível em: http://www.proplad.ufu.br/sites/proplad.ufu.br/files/media/arquivo/folder_-_2017_ano-base_2016.pdf. Acesso em: 13 de agosto de 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 de setembro de 2018.

CAPÍTULO 3

COMPARATIVO E MODELAGEM DE SÉRIES TEMPORAIS DA DIFERENÇA ENTRE AS DEMANDAS DE POTÊNCIA CONTRATADA E MEDIDA NO CAMPUS SANTA MÔNICA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA.

1 RESUMO

Os modelos de séries temporais se apresentam como importantes ferramentas, fornecendo subsídios e apontamentos, para a gestão e o planejamento em diversas áreas, podendo ser aplicado também para as séries associadas ao consumo de energia elétrica. Neste sentido, as Instituições de Ensino Superior (IES), devem considerar a sua aplicação na elaboração de seus planejamentos e na negociação de contratos com as distribuidoras de energia elétrica. Assim, os principais objetivos deste estudo são analisar comparativamente os registros de demanda de potência medida e contratada em horário de ponta (HP) e horário fora de ponta (HFP), no campus Santa Mônica da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), descrevendo seus componentes, identificar as ocorrências de subutilização e ultrapassagem em relação aos valores contratados, e fazer previsões para um período subsequente por meio dos modelos ajustados para as séries. A análise permitiu identificar nas séries, a presença do componente sazonalidade. Modelos de suavização exponencial simples foram ajustados para as séries, que apresentaram boa adequabilidade levando em conta o comportamento dos valores observados em relação às previsões e seus intervalos de confiança. Acredita-se ter com este estudo, apontamentos para a melhoria da gestão do uso de energia elétrica na UFU/Santa Mônica, considerando principalmente a contratação da demanda de potência, e suas características sazonais, ocasionando assim redução do desperdício e melhoria da qualidade dos gastos.

Palavras Chave: *gestão energética, suavização exponencial simples, sazonalidade.*

Comparative and Temporary Series Modeling of the Difference Between the Contracted and Measured Power Demands at the Santa Monica Campus of the Federal University of Uberlândia.

2 ABSTRACT

The time series models are presented as important tools, providing subsidies and notes, for management and planning in several areas, and can be applied also to the series associated with the consumption of electric energy. In this sense, Higher Education Institutions (HEIs) should consider their application in the preparation of their plans and in the negotiation of contracts with the electric power distributors. Thus, the main objectives of this study are to analyze comparatively the measured and contracted power demand records at peak hours (HP) and off-peak hours (HFP), at the Santa Mônica campus of UFU, describing their components, identify occurrences of underutilization and overshoot in relation to the contracted values, and make predictions for a subsequent period through the models adjusted for the series. The analysis allowed to

identify in the series, the presence of the component seasonality. Simple exponential smoothing models were adjusted for the series, which presented good suitability taking into account the behavior of the observed values in relation to the predictions and their confidence intervals. It is believed to have with this study, notes to improve the management of electric energy use at UFU / Santa Mônica, considering mainly the contracting of power demand, and its seasonal characteristics, thus causing reduction of waste and improvement of the quality of spending.

Keywords: *energy management, simple exponential smoothing, seasonality.*

3 INTRODUÇÃO

A questão energética está intrinsecamente associada a todas as esferas da sociedade e devem ser objeto de planejamento e gestão de todos os setores do poder público e também da iniciativa privada, desde as instâncias municipais, estaduais, nacionais e também globais, envolvendo aspectos técnicos, econômicos, ambientais, sociais e políticos. Considerando, neste sentido, a relevância do tema e a urgência na conscientização da sociedade para o uso racional dos recursos energéticos, no avanço das pesquisas e no desenvolvimento de novas técnicas, colaborando assim, com a mitigação dos problemas ambientais emergentes. (COLLACO; BERMANN, 2017)

A conservação de energia e seu uso racional tem se tornado medidas muito relevantes nas Instituições de Ensino Superior (IES), considerando suas necessidades de redução de gastos e do desperdício, e principalmente nas suas ações visando o desenvolvimento sustentável. (SILVA; NASSAR, 2016; LO, 2013; SERNA et. al, 2011). Nesse aspecto o gerenciamento de energia se apresenta muito importante para os campi universitários, devendo ser considerados alguns fatores na otimização do uso de energia, sendo estes associados aos custos, e também às questões ambientais, como a redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE) e a eficiência energética. A aplicação desta gestão/ planejamento requer o pleno conhecimento das normas que regulamentam a distribuição e o consumo da energia elétrica, bem como seus hábitos de utilização nesses locais ou em suas instalações. O trabalho propõe a caracterização destes hábitos por meio dos registros acerca da demanda de potência. (OLIVEIRA, 2006; YOSHIDA, et. al., 2017).

A demanda é a potência energética disponibilizada pela distribuidora para o consumidor, e seus valores em horário de ponta (HP) e em horário fora de ponta (HFP) são definidos em contrato, de acordo com o estabelecido pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (2010). Destaca-se, neste sentido, a apuração de três

registros para a variável demanda: i) medidos (registros apurados da maior demanda de potência, validada em intervalos de 15 minutos, durante o período de faturamento); ii) faturados (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/ aferição integralizada) e; iii) contratados (registros de demanda de potência, obrigatória e continuamente disponibilizada pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) à UFU, estabelecidos em contrato, devendo ser integralmente paga, sendo utilizada ou não) (ANEEL, 2010).

O trabalho objetivou apresentar o comportamento das variações das séries de utilização de energia elétrica, considerando as séries de demanda em HP e HFP. O estudo foi a partir de uma análise comparativa entre os registros de demanda de potência contratada e medida, visando identificar as ocorrências de ultrapassagem e subutilização dos valores contratados, sendo estas ocorrências, relevantes para a gestão da energia elétrica, principalmente no que tange a melhoria da qualidade dos gastos e redução do desperdício. Levando-se em conta que, as ocorrências de ultrapassagem quando superiores a 5% do total da demanda contratada, sofrem penalidades, a título de cobrança por ultrapassagem, à parcela da demanda registrada superior à contratada, um valor de referência equivalente a duas vezes o valor contratado por kW, definido pela Companhia Energética de Minas Gerais (CEMIG) (2017).

Tem-se como hipóteses que é possível modelar, por meio de séries temporais, as séries da diferença de demanda em HP e HFP e caracterizar o comportamento dessa variação, identificando assim, as ocorrências de subutilização e ultrapassagem. Com esta avaliação pretende-se contribuir complementarmente para a análise do uso de energia elétrica na UFU/ Santa Mônica.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os dados avaliados foram obtidos por meio das faturas de energia elétrica, emitidas pela CEMIG, para o campus Santa Mônica da UFU na cidade de Uberlândia, MG. Localizada na região central do Brasil, no Estado de Minas Gerais, na mesorregião do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, a instituição 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). A cidade de Uberlândia, MG, se encontra na latitude de 18° 55' 25''S, longitude de 48° 17' 19''W. Segundo a

classificação de Köppen, o clima da região é do tipo Aw, isto é, tropical quente úmido com inverno frio e seco.

Em 2017, a Universidade manteve uma comunidade de aproximadamente 32.000 usuários entre alunos (graduação e pós-graduação) e servidores (docentes e técnicos). Deste total de usuários, o campus Santa Mônica, apresenta uma representatividade de mais de 58%, numa área construída total de 117.295m² (PROPLAD/DIRPL/DIESI/UFU, 2017) e (CAPES, 2017). Sendo que sua área total é de 280.119,87m², concentrando 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. Suas instalações elétricas são enquadradas como classificação do consumidor, Poder Público, Grupo “A” e Subgrupo “A4”, referentes à potência de suas instalações (ANEEL, 2010).

As variáveis analisadas foram: i) série da diferença entre demanda de potência medida e contratada em HP e; ii) série da diferença entre demanda de potência medida e contratada em HFP; no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017, totalizando, assim, 120 observações para cada série. Foram utilizados os valores referentes ao ano de 2018 para comparação com as previsões obtidas, como medida de validação dos modelos ajustados.

Como medida inicial, a série foi analisada graficamente (SILVA, et al., 2008) e (MORETTIN; TOLOI, 2006), para familiarização da série e identificação de suas características, tais como a tendência e a sazonalidade. Com base no observado pelo comportamento geral das séries, deduz-se que as mesmas seguem um padrão aditivo (BRILLINGER, 2015). De acordo com Morettin e Toloi (2006) e Ferraz (1999), testou-se a sazonalidade pelo Teste F (ANOVA) e a tendência foi verificada pelo teste F para o modelo de regressão linear (SILVA, et. al., 2008).

A partir deste ponto, buscou-se identificar, por meio do software IBM SPSS Statistics 20® (SPSS), e sua ferramenta “expert modeler”, o modelo que melhor se ajusta as séries (KHALIQ, et. al. 2015), considerando seus parâmetros tais como o nível, tendência e sazonalidade, analisando também os critérios para explicação dos resultados obtidos pelo modelo, considerando, a significância em 5%, para os valores do R², do Erro de porcentagem absoluta média (MAPE), da autocorrelação dos resíduos e validação de suas previsões para o ano de 2018.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Análise exploratória da diferença entre as demandas contratada e medida em HP e em HFP

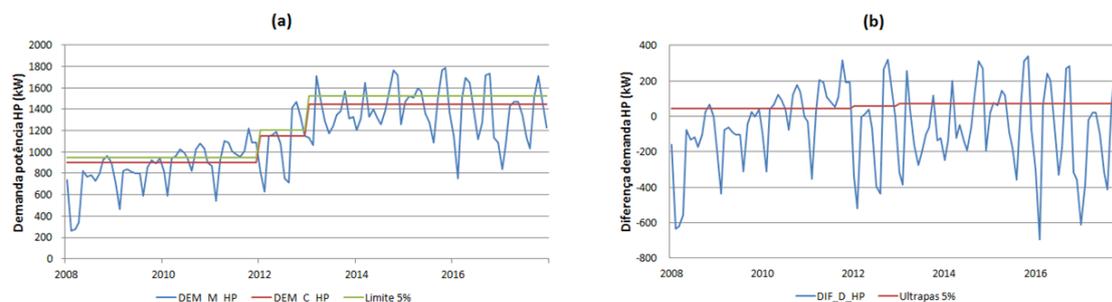
Os apontamentos para gestão, principalmente acerca de medidas em curto prazo, objetivam a redução dos custos e do desperdício além da melhoria da qualidade dos gastos (SILVA; NASSAR, 2016; FAGHIHI et al., 2014). Neste sentido a avaliação da diferença entre os registros da demanda contratada e medida se apresentam como uma importante ferramenta na identificação da qualidade dos contratos entre a UFU/ Santa Mônica e a CEMIG, quanto aos valores de demanda contratados em HP e HFP.

A apresentação das Figuras 1 e 2, acerca da diferença entre a demanda contratada e a demanda medida em HP e HFP na UFU/ Santa Mônica, mostra-se relevante para que seja ilustrada as ultrapassagens de demanda contratada, apurada em 43,3% para HP e 40% para HFP, o que ocasiona cobranças adicionais, de multas e também o aumento dos valores destas tarifas, com um incremento nos valores de cobrança da ordem de 100% para cada kW medido além da quantidade contratada (CEMIG, 2017). E também a frequência das ocorrências de subutilização, ou seja registros da demanda medida inferior aos da demanda contratada, apurada no período analisado, em 55% em HP e 58,3% em HFP, evidenciando desta forma a maior ocorrência de utilização abaixo dos valores da demanda contratada se comparado com as ocorrências de ultrapassagem. Deve-se ressaltar que tanto a subutilização quanto a ultrapassagem significam incidências de custos financeiros, sendo o pagamento de demanda contratada integralmente realizado, tendo sido utilizada ou não. E para as ocorrências de ultrapassagem tem-se a cobrança de tarifa dobrada para a quantidade de demanda registrada além dos valores contratados com tolerância de no máximo 5% (CEMIG, 2017).

No que tange os registros de ultrapassagem foi verificado também as ocorrências da ultrapassagem acima de 5%, o que representa incidência de multas e tarifações adicionais, dentre os 52 e 48 registros em HP e HFP respectivamente, tendo sido apurado valores superiores ao percentual de tolerância (5%) em 33 (63,5%) dos registros para HP e 28 (58,3%) em HFP. Prado (2011), realizou comparativo semelhante, acerca dos registros de demanda, em sua proposta de modelagem de

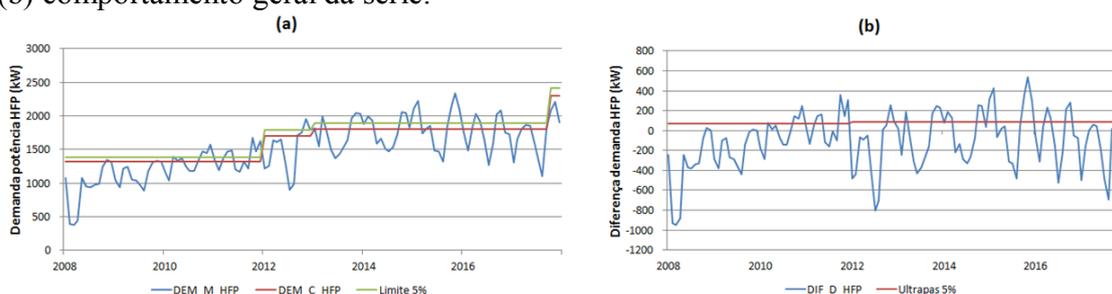
demanda e consumo de energia elétrica na Universidade Federal de Lavras (UFLA), obtendo resultados similares aos apresentados neste estudo.

FIGURA 1 – Diferença entre a demanda contratada e medida HP no campus Santa Mônica da UFU, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017, (a) comparativo e (b) comportamento geral da série.



Org: do Autor, 2018.

FIGURA 2 – Diferença entre a demanda contratada e medida HFP no campus Santa Mônica da UFU, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017, (a) comparativo e (b) comportamento geral da série.



Org: do Autor, 2018.

A partir dessa avaliação, conforme observada nas Figuras 1 e 2, foi possível calcular as ocorrências dos registros negativos e positivos, representando os meses de subutilização e ultrapassagem respectivamente, considerando um total de 120 registros, conforme apresentado na Tabela 1.

TABELA 1 – Registros de subutilização e ultrapassagem para demanda HP e HFP, no campus Santa Mônica da UFU.

Diferença demanda medida x contratada	Subutilização/ variação negativa		Ultrapassagem/ variação positiva	
	Quantidade	Porcentagem	Quantidade	Porcentagem
HP	66	55,0%	52	43,3%
HFP	70	58,3%	48	40,0%

Org: do Autor, 2018.

Observa-se a presença de um maior número de ocorrências de variação negativa tanto para demanda em HP quanto para HFP, destacando a necessidade de revisão dos contratos e seus respectivos valores de demanda contratada, tendo como apontamento para tal revisão o comportamento sazonal presente na série, sendo que para os meses de férias acadêmicas as quantidades de demanda contratada devem ser menores do que nos demais meses do ano, que compreendem os períodos letivos de plena atividade no campus Santa Mônica da UFU. Silva e Nassar (2016) também constataram em sua avaliação sobre o uso de energia elétrica no Instituto Federal Fluminense (IFF), uma variação importante com relação à diminuição do uso de energia elétrica nos períodos de férias, recessos de fim de ano, carnaval e período de greves, o que representa a ausência de grande parte dos usuários do campus e a consequente redução de atividades acadêmicas.

A partir da avaliação gráfica por meio da análise exploratória, de acordo com Morettin e Toloí (2006) e considerando o comportamento identificado nas séries, sendo o padrão da variação sazonal estacionário de amplitude, têm-se indícios para classificação das séries como sendo aditivas. Neste sentido, com a aplicação do teste de decomposição sazonal, para decomposição da série em um componente sazonal, averiguou-se o componente de sazonalidade, colaborando assim, para a caracterização da série e sua variação em um período de 12 meses. Na Tabela 2, são apresentados os valores da decomposição sazonal para as variáveis analisadas.

TABELA 2 – Valores para decomposição sazonal, modelo aditivo, diferença da demanda de potência contratada e medida HP e HFP.

	DEMANDA_HP (kW)	DEMANDA_HFP (kW)
Período	Fator Sazonal	Fator Sazonal
Jan	-194,352	-32,281
Fev	-309,166	-66,892
Mar	103,741	109,275
Abr	102,223	78,293
Mai	82,945	28,515
Jun	-31,740	-195,744
Jul	-113,272	-304,150
Ago	-129,824	-236,235
Set	130,741	11,876
Out	255,871	228,849
Nov	121,408	215,700
Dez	-18,574	162,793

Org: do Autor, 2018.

A decomposição sazonal, em seu modelo aditivo, apresenta a variação em torno das médias mensais, destacam-se os meses com registros abaixo da média, comum a todas as variáveis, sendo: i) janeiro; ii) fevereiro; iii) junho; iv) julho e; v) agosto. Os meses com registro acima da média: i) março; ii) abril; iii) maio; iv) setembro; v) outubro e; vi) novembro. Essa variação apresentada corrobora com a relação identificada para o comportamento da utilização de energia elétrica tendo como fator principal os períodos letivos e de férias definidos pelos calendários acadêmicos da UFU. Este comportamento foi verificado também na análise referente às séries de consumo e demanda, na UFU/Santa Mônica, considerando o período de jan/2004 a dez/2017.

5.2 Ajuste dos modelos para as séries das diferenças entre as demandas contratada e medida HP e HFP

A partir das características observadas, na análise exploratória, para as séries analisadas das diferenças entre as demandas contrata e medida HP e HFP, identificou-se comportamentos semelhantes para o conjunto de séries, sendo possível identificar visualmente, para as séries da diferença das demandas, indícios de variação sazonal e a inexistência do componente tendência. Estes indícios visuais foram comprovados em parte pelo Teste de ANOVA para sazonalidade, considerando o fator mês, com p-valor $< 0,001$, portanto altamente significativo (MORETTIN; TOLOI, 2006; FERRAZ, 1999). A tendência foi verificada pelo teste F para o modelo de regressão linear das médias dos anos em função do fator ano, obteve-se p-valor de 0,83 e 0,29 para as séries da diferença da demanda em HP e HFP respectivamente, deste modo concluí-se que a tendência não é significativa. (MORETTIN; TOLOI, 2006; FERRAZ, 1999; SILVA, et. al, 2008).

Posteriormente a análise exploratória, e a familiarização com as séries observadas, aplicaram-se os testes, por meio do SPSS, para a identificação dos modelos que apresentaram os melhores ajustes para cada uma das séries, levando em conta também suas medidas de ajustes R^2 , MAPE e autocorrelação dos resíduos. Os modelos identificados como tendo o melhor ajuste e seus parâmetros estão dispostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Modelos (Equação 2) e seus parâmetros para as séries da diferença de demanda contratada e medida na UFU/ Santa Mônica, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017.

Variável	Modelo	Parâmetro	
		Nível (A)	Sazonalidade (D)
Diferença demanda HP	Suavização Exponencial Simples	0,200	0,0000008
Diferença demanda HFP	Suavização Exponencial Simples	0,700	0,0000002

Org: do Autor, 2018.

O modelo de suavização exponencial simples atribui maior peso para as observações mais recentes na previsão do que as observações mais antigas, foram identificados estudos em diversas áreas, com abordagens deste modelo em suas análises, sendo utilizados na sua maioria para fins comparativos da precisão da previsão do ajuste da série (VEIGA, et. al., 2010; SYNTETOS, et. al., 2015; DONG, et. al., 2013; CHEN, 1997).

A adequabilidade dos modelos obtidos foi inferida por R^2 e MAPE, considerando que: i) R^2 é o coeficiente de determinação, uma medida percentual de explicação do modelo e; ii) MAPE, medida de quanto uma série dependente varia de seu nível previsto pelo modelo. Foram apurados valores para o R^2 de 52% para a série de HP e 53% para a série HFP. Neste sentido, os resultados obtidos para R^2 demonstram um ajuste dos modelos pouco eficientes, se comparados com os resultados obtidos para os ajustes das séries de demanda (83%) e consumo (85%), observados no desenvolvimento deste estudo, outros autores também utilizaram destas medidas para verificação da adequabilidade dos ajustes de seus modelos, obtendo valores mais significativos (GIL-VERA, 2017; DONG, et. al. 2013).

Outra medida de ajuste avaliada, o MAPE, apresenta um comportamento similar entre as séries analisadas, tendo sido calculados os valores de 157,40% e 220,62% para as séries de HP e HFP respectivamente. Considerando os resultados obtidos pelo MAPE e a escala de julgamento da exatidão da previsão para MAPE, proposta por Lewis (1982) apud Puah et. al (2016), verifica-se que as previsões calculadas pelos modelos são classificadas como imprecisas. Esse tipo de comportamento foi observado por Couto, et. al. (2016), tendo sido identificada, esta, como uma desvantagem para

utilização desta medida, pois em casos em que o valor real das séries for muito pequeno, qualquer variação mais acentuada acarreta num valor de MAPE muito elevado.

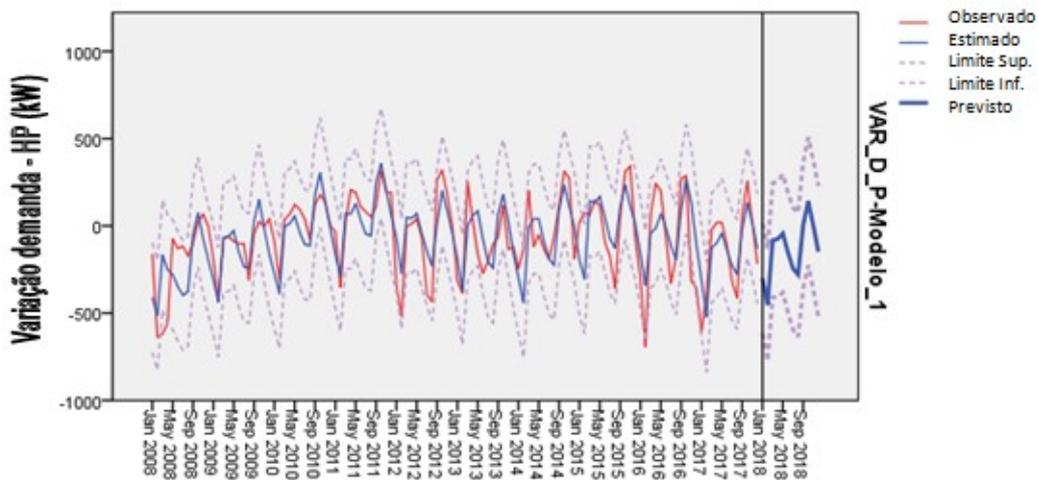
Além das medidas de ajuste R^2 e MAPE, verificou-se também o comportamento dos resíduos das séries, com o intuito de avaliar se estes são resíduos brancos. Foi possível observar, por meio dos gráficos de dispersão, que os resíduos não apresentam padrões óbvios para as séries analisadas, tendo sido constatada também por meio da aplicação do teste da matriz de correlação de Pearson, sendo os p-valores encontrados, para as variáveis, não significativos ($p\text{-valor} > 0,05$), indicando assim que seus resíduos são aleatórios.

5.3 Validação dos modelos por meio das previsões calculadas

Como medida complementar de avaliação da adequabilidade do modelo, testou-se a precisão da previsão, para as séries da diferença entre as demandas contratada e medida em HP e HFP, usando o modelo de suavização exponencial simples, com base nos registros mensais para as variáveis em questão no ano de 2018 (GIL-VERA, 2017; COUTO, et. al., 2016; KHALIQ, et. al., 2015; SILVA, et. al., 2008). Nota-se nas Figuras 3 e 4, diferentemente da inferência realizada pelas medidas de ajuste, que os modelos apresentaram comportamentos adequados para a explicação da variação dos dados observados, sendo que em sua grande maioria se mantêm entre os limites do intervalo de confiança e próximos aos valores previstos.

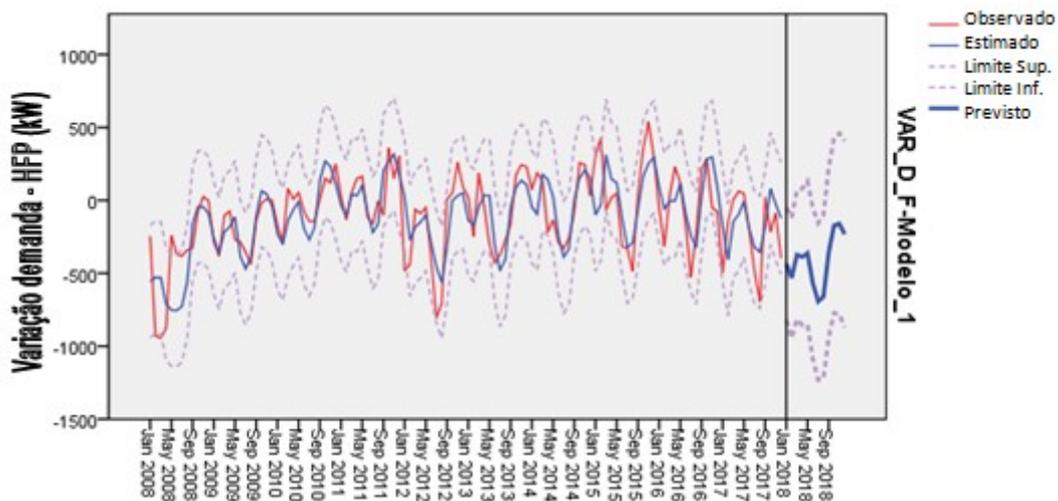
Acredita-se que essa discrepância identificada, entre as medidas de ajustes e o comportamento das previsões da série, seja em decorrência das alterações sistemáticas, realizadas nos contratos UFU x CEMIG, dos valores contratados para demanda HP e HFP. Tais alterações apresentaram sempre um padrão de comportamento de resposta aos picos dos valores de demanda medida em HP e HFP e também a amplitude das variações ora com registros de ultrapassagem ora com registros de subutilização, ratificada pela sazonalidade encontrada na série. Evidencia-se, desta forma, a inobservância das características retratadas neste estudo, principalmente relacionada à variação sazonal associada aos calendários acadêmicos da UFU e seus períodos letivos e de férias, sendo este, um dos principais apontamentos deste estudo.

FIGURA 3 – Previsão dos registros da diferença entre demanda medida e contratada HP para a UFU/ Santa Mônica, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017.



Org: do Autor, 2018.

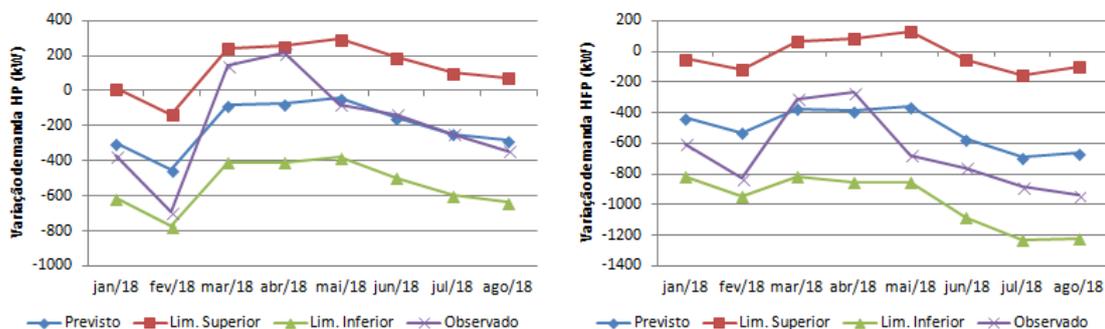
FIGURA 4 – Previsão dos registros da diferença entre demanda medida e contratada HFP para a UFU/ Santa Mônica, no período de janeiro de 2008 a dezembro de 2017.



Org: do Autor, 2018.

Para cada mês do ano de 2018 foi calculado os valores segundo os componentes do modelo, considerando o intervalo de confiança (95%) e seus limites superior e inferior. A Figura 5 refere-se às séries da diferença da demanda HP e HFP e apresentam os valores previstos, intervalos de confiança (95%), limites superior e inferior e o comportamento dos valores observados, considerando os meses de janeiro a agosto do ano de 2018.

FIGURA 5 – Diagrama de validação das previsões dos modelos para diferença da demanda contratada e medida HP e HFP, UFU/ campus Santa Mônica, para o ano de 2018.



Org: do Autor, 2018.

As previsões obtidas, a partir do modelo de suavização exponencial simples, se aproximaram dos valores observados, estando estes alinhados dentro do intervalo de confiança. É possível observar a reprodução do comportamento geral da série pelos valores estimados, possibilitando assim, uma melhor comparação entre valores observados e previstos. Neste sentido, as séries em estudo, para fins de previsão podem ser descritas pelo modelo de suavização exponencial simples.

Espera-se que, o aumento do número de observações da série histórica, possibilite uma melhoria da qualidade do ajuste e conseqüentemente de suas previsões. Levando em consideração, a importância da previsão da utilização de energia elétrica para o planejamento das atividades da UFU/ Santa Mônica, acredita-se que a eficiência dos modelos ajustados sirva de parâmetro e incentivo, para o planejamento destas atividades e que o mesmo possa ser replicado para os demais campi da UFU, reforçando ainda, seu caráter ambiental.

6 CONCLUSÕES

De modo geral, foi possível observar por meio da análise exploratória, as características das séries como a presença de sazonalidade, estas constatadas por meio do Teste de ANOVA e teste F para o modelo de regressão linear, estando a variação sazonal associada principalmente às questões relativas aos calendários acadêmicos da UFU, seus períodos de férias e de plena atividade letiva, representando assim uma maior ou menor presença de seus usuários e utilização de suas instalações. Foi possível também, identificar as ocorrências de ultrapassagem e subutilização da demanda contratada, sendo que os registros de subutilização são predominantes nas séries em estudo.

Os modelos de suavização exponencial simples apresentaram bons ajustes, levando em conta, principalmente, o enquadramento dos valores observados em relação aos valores estimados e seus intervalos de confiança, para a série analisada e também a validação de suas previsões.

Estas previsões, bem como a metodologia aplicada, poderão ser utilizadas e replicadas como subsídio para negociação de futuros contratos, e como ferramenta para o balizamento do planejamento institucional e tomada de decisões, ressaltando o comportamento da variação sazonal e a predominância de ocorrências de subutilização da demanda contratada, contribuindo dessa forma, com a redução do desperdício e melhoria da qualidade dos gastos da UFU.

7 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.

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.

COMPANHIA ENERGÉTICA DE MINAS GERAIS. **Contrato de fornecimento de energia elétrica, 12/2017 (UFU)**, de 19 de junho de 2017. Disponível em: <http://www.licitacoes.ufu.br/sites/licitacoes.ufu.br/files/C%20012-17%20-%20CEMIG%20-%20Original.pdf>. Acesso em: 21 out. 2018.

CHEN, C., Some robustness properties of the simple exponential smoothing predictor: A Monte Carlo study. **International Journal of Forecasting**. [S.l.], v. 13, n. 2, p. 269-280, 1997. ISSN 0169-2070. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207097000149>. Acesso em: 13 nov. 2018.

COLLACO, F. M. A.; BERMANN, C. Perspectivas da Gestão de Energia em âmbito municipal no Brasil. **Estud. av.** São Paulo, v. 31, n. 89, p. 213-235, abr. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142017000100213&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 05 de set. 2018.

COUTO, H. J. B, OLIVEIRA, R. A. E, BRAGA, P. F. A., Previsão de radiação solar incidente no Estado do Ceará – Brasil. **HOLOS**, [S.l.], v. 7, p. 218-230, Nov. 2016. ISSN 1807-1600. Disponível em: <HTTP://www2.ifrn.edu.br/ojs/index.php/HOLOS/article/view/2706/1600>. Acesso em: 27 out. 2018.

DONG, Z., YANG, D., WALSH, T. R. W. M., Short-term solar irradiance forecasting using exponential smoothing state space model. **Energy**. [S.l.], v. 55, p. 1104-1113, 2013. ISSN 0360-5442. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544213003381>. Acesso em: 13 nov. 2018.

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.

FERRAZ, M, I, F. **Uso de modelos de séries temporais na previsão da série de precipitação pluviiais mensais no município de Lavras – MG**. 1999. 97p. Dissertação

(Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1999.

GIL-VERA, V. Pronóstico de la demanda mensual de electricidad con series de tiempo. **Revista EIA**, [S.l.], v. 13, n. 26, p. 111-120, mar. 2017. ISSN 2463-0950. Disponível em: [HTTPS://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/749](https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/749). Acesso em: 26 abr. 2018.

IBM Corp. **Released 2011**. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 20.0. Armonk, NY: IBM Corp.

KHALIQ, A., BATOOL, S. A., CHAUDHRY, M. N., Seasonality and trend analysis of tuberculosis in Lahore, Pakistan from 2006 to 2013, **Journal of Epidemiology and Global Health**, [S.l.], v. 5, Issue 4, p. 397-403, 2015, ISSN 2210-6006. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S221060061500088X>. Acesso em: 08 ago. 2018.

LAWTON, R. How should additive Holt–Winters estimates be corrected?, **International Journal of Forecasting**, [S.l.], v.14, Issue 3, 1998, p. 393-403, ISSN 0169-2070. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169207098000405>. Acesso em: 24 jun. 2018.

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

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.

PRADO, Jair Rocha do. **Modelos para demanda e consumo de energia elétrica utilizando séries temporais na Universidade Federal de Lavras**. 2011. 114 p. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agropecuária) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

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

PUAH, Y.J, HUANG, Y. F., CHUA, K.C., LEE, T.S.,
River catchment rainfall series analysis using additive Holt-Winters method. **Journal of Earth System Science**, [S.l.], v.125, n. 2, p.269-284. 2016. Disponível em:
<https://doi-org.ez34.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12040-016-0661-6>. Acesso em:
27 jun. 2018.

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.

SILVA, M. I. S; GUIMARÃES, E. C; TAVARES, M., Previsão da temperatura média mensal de Uberlândia, MG, com modelos de séries temporais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.12, n.5, p.480-485, 2008. DOI <https://doi.org/10.1590/S1415-43662008000500006>. Disponível em:
<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v12n5/v12n05a06.pdf>. Acesso em: 17 mai. 2018.

SYNTETOS, A. A., BABAI, M. Z., GARDNER, E. S., Forecasting intermittent inventory demands: simple parametric methods vs. bootstrapping. **Journal of Business Research**. [S.l.], v. 68, n. 8, p. 1746-1752, 2015. ISSN 0148-2963. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296315001496>. Acesso em: 13 nov. 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 de setembro de 2018.

VEIGA, C. R. P., VEIGA, C. P., DUCLOS, L. C., The accuracy of demand forecast models as a critical factor in the financial performance of the food industry. **Future Studies Research Journal: Trend and Strategy**, [S.l.], v. 2, n. 2, p.83-108, Jul. 2010. Disponível em: <http://www.spell.org.br/documentos/ver/3182/a-acuracidade-dos-modelos-de-previsao-de-demand--->. SPONIVEL E Acesso em: 27 out. 2018.

YOSHIDA, Y, SHIMODA, Y, OHASHI, T, Strategies for a sustainable campus in Osaka University, **Energy and Buildings**, [S.l.], v. 147, p. 1-8, 2017. ISSN 0378-7788. DOI <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.020>. Disponível em:
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816318862>. Acesso em: 21 mai. 2018.