

MANOEL DO NASCIMENTO NETO

**Eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída no
extremo norte brasileiro**

Manoel do Nascimento Neto

**Eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída no
extremo norte brasileiro**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Faculdade de Engenharia de Produção da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” *Campus* de Guaratinguetá, obrigatório para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Produção da UNESP/SP. Área de Concentração: Gestão e Otimização.

Orientador: Dr. Jorge Muniz Junior
Coorientador: Dr. Guilherme Eugênio Filippo
Fernandes Filho

Guaratinguetá/SP
2019

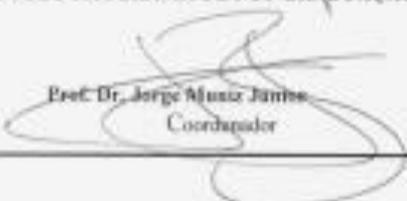
N244e	<p>Nascimento Neto, Manoel do</p> <p>Eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída no extremo norte brasileiro / Manoel do Nascimento Neto – Guaratinguetá, 2019.</p> <p>119 f : il.</p> <p>Bibliografia: f. 115-119</p> <p>Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2019.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Jorge Muniz Junior</p> <p>Co-Orientador: Prof. Dr. Guilherme Eugênio Filippo Fernandes Filho</p> <p>1. Energia - Conservação. 2. Geração de energia fotovoltaica. 3. Energia - Fontes alternativas. I. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 620.91(043)</p>
-------	---

MANOEL DO NASCIMENTO NETO

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO"

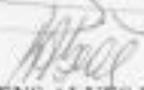
PROGRAMA: ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO: Mestrado Profissional

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dr. Jorge Muniz Júnior
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. JORGE MUNIZ JÚNIOR
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. RUBENS ALVES DIAS
UNESP/FEG


Prof. Dr. CARLOS ALBERTO CHAVES
UNIFAU

DADOS CURRICULARES

MANOEL DO NASCIMENTO NETO

NASCIMENTO	25.12.1962 – João Pessoa / PB
FILIAÇÃO	José Francisco do Nascimento Odete Soares de Castro
1982/1986	Técnico de Nível Médio em Eletrotécnica (Técnico em Eletrotécnica) Escola Técnica Federal da Paraíba - ETFPB
1990/1995	Graduação Incompleta (Bacharelado em Engenharia Mecânica) Universidade Federal da Paraíba - UFPB
1998/2000	Graduação (Licenciatura Plena em Pedagogia) Universidade Federal de Roraima - UFRR
2001/2002	Pós-Graduação <i>Lato Sensu</i> (Especialização em Gestão da Educação) Universidade Federal do Amazonas - UFAM
1996/Atual	Professor EBTT – Educação Básica, Técnica e Tecnológica Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima - IFRR

Disciplinas lecionadas:

- Comando de Máquinas Elétricas
- Elementos de Máquinas
- Eletricidade Básica
- Eletrônica de Potência
- Eletrônica Digital
- Iluminação e Sinalização
- Instalações Elétricas Prediais
- Máquinas Elétrica CC/CA
- Mecânica Técnica
- Projetos Elétricos Prediais
- Projeto Elétrico de Estação Transformadora
- Sistema de Energia Solar Interligado à Rede

Dedico primeiramente a Deus, essa maravilhosa conquista, pois foi com a sua permissão que consegui esta recompensa tão importante para mim. Ao meu coorientador, Dr. Guilherme Eugênio Filippo Fernandes Filho, pela honrosa orientação. Ao meu orientador, Dr. Jorge Muniz Junior, pela paciência e equilíbrio na condução da coordenação dos trabalhos. Ao Dr. Fernando Augusto Silva Marins, pela forte energia transmitida a seus pares e a todos colegas do MePEP Convênio UNESP/IFRR. Finalmente, mas não menos importante dedico esse trabalho à minha família, pelo apoio nessa caminhada vitoriosa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu coorientador, *Professor Dr. Guilherme Eugênio Filippo Fernandes Filho*, pela dedicação, compreensão, auxílio e confiança na minha capacidade.

Ao meu orientador, *Professor Dr. Jorge Muniz Junior*, pela paciência e tranquilidade transmitida nos momentos críticos dessa missão.

Na pessoa do *Professor Dr. Fernando Augusto Silva Marins* agradeço a todos professores do curso de MePEP da UNESP, que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação.

Um agradecimento todo especial aos membros da Comissão Julgadora, *Professor Dr. Rubens Alves Dias e Professor Dr. Carlos Alberto Chaves*, pelas relevantes contribuições nesse trabalho.

Na pessoa da servidora, *senhora Margarida Corrêa Leite* agradeço a todos os servidores da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá pela dedicação e tolerância no atendimento, em especial, à equipe da Secretaria de Pós-Graduação e aos servidores da Biblioteca, pela dedicação, presteza e principalmente, pela vontade em querer ajudar.

Aos colegas do MePEP/UNESP, pelas discussões teóricas e nossos passeios pela maravilhosa cidade de muitas garças brancas (Guaratinguetá), momentos de grande alegria.

Por fim, agradeço aos dirigentes da minha instituição, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima, pela oportunidade de eu poder estudar na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, referência no ensino de qualidade.

A todos, o meu muito obrigado.

“Se vi mais longe, foi por estar de pé sobre ombros de gigantes.”

(Isaac Newton)

RESUMO

A eficiência energética nos diversos setores consumidores do extremo norte brasileiro e a opção adjacente voltada à produção de energia fotovoltaica e a sua injeção na rede local têm consequências positivas, tanto pela mitigação relacionada às emissões de gases de efeito estufa (GEE), quanto pelo consumo e uso de energia. A necessidade de energia residencial, comercial, industrial e poder público em Roraima consiste principalmente de requisitos de energia elétrica para iluminação, ar-condicionado, geladeira e freezer, juntamente com a energia dedicada aos eletrodomésticos, diferentes estratégias que visam estimular o uso eficiente de energia precisam ser reforçadas em todos os níveis da atividade humana local. A radiação solar é uma das principais fontes de energia limpa e renovável do Estado, com o potencial de fornecer energia limpa e abundante a longo prazo para a crescente população roraimense. Este trabalho tem como objetivo compreender o consumo médio em edifícios residencial, comercial e poder público dos Estados de Roraima e São Paulo, tendo como objetos de estudo: um *campus* do IFRR, um *campus* da UNESP, três residências localizadas na capital Boa Vista, uma residência situada em Guaratinguetá e uma fonte de energia fotovoltaica distribuída com potência instalada de 66 kWp (quilowatt-pico). Esta pesquisa seguiu as seguintes etapas: em primeiro lugar foi realizado uma ampla pesquisa bibliográfica na base de dados da *Web of Science*, *Scopus*, *Google Acadêmico* e outras bases sobre o tema eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída. Na segunda etapa da pesquisa realizou-se o levantamento histórico dos últimos 48 meses de consumo via faturas de energia. Na terceira etapa usou-se um analisador de média tensão para medir os parâmetros da energia adquirida no ponto de fornecimento, durante um período de 144 horas. Na quarta etapa foi realizado um levantamento da potência de iluminação interna e externa do *campus*. No quinto passo foi feito o levantamento da potência de refrigeração dos edifícios da organização. Na sexta etapa levantou-se o desempenho térmico da envoltória dos edifícios da unidade. Na sétima etapa da pesquisa foi realizado o levantamento das possibilidades de melhorias para o uso de energia no *campus* para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar dos edifícios da unidade, conforme o RTQ-C do INMETRO. E na oitava e última etapa foram realizados estudos de viabilidade técnica e econômica da subestação de energia solar fotovoltaica instalada na unidade. Os resultados da pesquisa revelaram que no item desempenho térmico a envoltória dos edifícios do *campus* Boa Vista não atende as diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 8 (ZB 8) prescritas na NBR 15220-3/2005, além disso, a envoltória e os sistemas de iluminação interna e de condicionamento de ar dos edifícios do *campus* não atendem aos pré-requisitos do RTQ-C, e mais, em 2018, Roraima é a unidade federativa brasileira

com o maior consumo médio residencial do país, apresentando consumo médio residencial de 315 kWh/mês, entretanto, a radiação global diária média mensal local atinge 17,83 MJ/m²dia (megajoule por metro quadrado dia). Dos resultados conclui-se que a solução para mitigar a escassez de energia elétrica no Estado de Roraima, principalmente na capital Boa Vista é a implantação de eficiência energética conjugada com a implantação da geração fotovoltaica distribuída. A eficiência energética é a forma mais rápida e que tem menor custo para aumentar a oferta de energia em qualquer lugar do mundo, e em Roraima causaria impactos imediatos.

PALAVRAS-CHAVE: Eficiência energética. Energia fotovoltaica. Extremo-norte brasileiro.

ABSTRACT

Energy efficiency in the various consumer sectors of the extreme north of Brazil, and the adjacent option for the production of photovoltaic energy and its injection into the local network have positive consequences, both for mitigation related to GHG emissions and for consumption and use of energy. Since the demand for residential, commercial, industrial and public power in Roraima mainly consists of energy requirements for lighting, space and water cooling, together with the energy dedicated to home appliances, different strategies that aim to stimulate the efficient use of energy need to be strengthened at all levels of local human activity. Solar radiation is one of the main sources of clean and renewable energy in the state, with the potential to provide broad power for the growing Roraima population in the long run. The objective of this article is to understand the average consumption in residential, commercial and public power buildings in the states of Roraima and São Paulo, with the following objects: an IFRR campus, a UNESP campus, three residences located in the capital Boa Vista and one distributed photovoltaic power source with installed power of 66 kWp (kilowatt-peak). This research followed the following steps: first, an extensive bibliographic research was carried out in the Web of Science database on energy efficiency and distributed photovoltaic generation. In the second stage of the research, the historical survey of the last 48 months of consumption was carried out via energy invoices. In the third step a medium voltage analyzer was used to measure the power parameters acquired during the 144 hr period at the point of supply. In the fourth stage a survey of the internal and external lighting power of the campus was carried out. The fifth step was to survey the cooling power of the campus buildings. In the sixth stage the thermal performance of the envelopment of the buildings of the unit was raised. In the seventh stage of the research was carried out the survey of the possibilities of improvements for the envelopment and the lighting and air conditioning systems of the buildings of the unit, according to the RTQ-C of INMETRO. And in the eighth and final stage, technical and economic feasibility studies of the photovoltaic solar energy substation installed on campus were carried out. The results of the research reveal that in the item thermal performance the envelope of the Boa Vista campus buildings does not meet the constructive guidelines for Bioclimatic Zone 8 (ZB 8) prescribed in NBR 15220-3 of 2005. In addition, the enveloping and lighting systems internal and air conditioning of the unit buildings, do not meet INMETRO's RTQ-C prerequisites. And to make matters worse, in 2018, Roraima is the Brazilian federal unit with the highest average residential consumption in the country, with an average consumption of 315 kWh / month, however, the solar energy potential presents a global average daily 17.83 MJ / m²day (Mega Joule per square

meter day). From the results it is concluded that the solution to mitigate the scarcity of electricity in the State of Roraima and especially in the capital Boa Vista is the implementation and implementation of energy efficiency coupled with the implementation of distributed photovoltaic generation, for example, as in Germany . Energy efficiency is the fastest and lowest cost way to increase energy supply anywhere in the world. And in Roraima it would cause immediate impacts.

KEYWORDS: Energy efficiency. Photovoltaic energy. Extreme-north brazilian.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Condução do estudo.....	34
Figura 2 - Configuração do sistema elétrico de Boa Vista.....	43
Figura 3 - Foto aérea das instalações do IFRR - campus Boa Vista.....	55
Figura 4 - Medição no ponto de entrega do CBV usando analisador MAR - 20.....	58
Figura 5 - Curva da potência total instantânea de uma semana típica.....	59
Figura 6 – Potência instantânea de um dia típico de atividades no CBV.....	60
Figura 7 - Gráfico da tipologia da carga do CBV em um dia típico.....	61
Figura 8 - Gráfico aproximado da tipologia do consumo do CBV.....	62
Figura 9 - GDPV do IFRR/CBV localizada no bairro Pricumã - Boa Vista.....	68
Figura 10 – Módulos solares no telhado dos laboratórios de eletrotécnica.....	69
Figura 11 - Oscilação das $T_{\text{mín}}$, $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{méd}}$ da cidade de Boa Vista.....	73
Figura 12 - Sazonalidade do GR mensal da cidade de Boa Vista.....	74
Figura 13 - UC 1 localizada no bairro Pricumã - Boa Vista.....	76
Figura 14 - Gráfico tensão média medida nas fases na UC 1.....	78
Figura 15 - UC 2 localizada no bairro Caçari - Boa Vista.....	79
Figura 16 - UC 3 localizada no bairro Paraviana - Boa Vista.....	81
Figura 17 - Relação do consumo de energia entre três residências de Boa Vista.....	82
Figura 18 – Gráfico do CMM do CBV e da FEG no período de 2012 a 2017.....	88
Figura 19 - Gráfico da demanda medida do CBV e da FEG - 2012 a 2017.....	90
Figura 20 - Correlação e Regressão entre CFP e GR no CBV.....	97
Figura 21 - Correlação IDE CFP do CBV versus $T_{\text{méd}}$ da cidade de Boa Vista.....	98
Figura 22 - Correlação do IDE D versus $T_{\text{méd}}$ da cidade de Boa Vista.....	99
Figura 23 - Variação das $T_{\text{mín}}$, $T_{\text{máx}}$ e $T_{\text{méd}}$ em Guaratinguetá.....	101
Figura 24 - Representação gráfica do IDE CEE em função do tempo.....	102
Figura 25 - Representação gráfica do Si ajustado de 4 anos do CBV.....	104
Figura 26 – CEE medido e ajustado da série do CBV no período de 2014 a 2017.....	105
Figura 27 - Irregularidades observadas no período de base da LBE.....	106
Figura 28 - Gráfico comparativo do CMM entre Roraima e São Paulo.....	108
Figura 29 – CMR Roraima versus São Paulo – Período: 2010 a 2016.....	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação das palavras-chave mais usadas nos últimos 21 anos	35
Tabela 2 – Eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída	36
Tabela 3 - Capacidade de Geração Instalada no Estado de Roraima em 2018	44
Tabela 4 - Energia requerida, produzida e importada pelo Estado de Roraima	45
Tabela 5 - Rateio do consumo dos setores em GWh entre os anos de 2012 e 2016	46
Tabela 6 - Número de consumidores por setor do Estado de Roraima	47
Tabela 7 - Consumo médio residencial por região e UF (kWh/mês)	48
Tabela 8 - Perdas na rede elétrica de Roraima – Período: 2008 a 2017	49
Tabela 9 - DEC e FEC dos Conj. FLORESTA/CENTRO/DISTRITO – Boa Vista.....	51
Tabela 10 - DIC/FIC/DMIC/DICRI dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito	52
Tabela 11 – Classificação, ordem e sequência dos harmônicos de rede	53
Tabela 12 - Indicadores coletivos DRCE E DRPE – Conj. FLORESTA/BV.....	54
Tabela 13 - Histórico do CP, CFP e D de 48 meses do CBV.....	57
Tabela 14 - Perfil do consumo do CBV	63
Tabela 15 - Relação entre produção de energia PV e consumo faturado no CBV.....	70
Tabela 16 - Irradiação solar em kWh/m ² /dia no plano horizontal e inclinado	70
Tabela 17 - Eficiência da fonte PV do CBV - agosto de 2017 a fevereiro de 2018.....	71
Tabela 18 - Histórico das T _{mín} , T _{máx} e T _{méd} na cidade de Boa Vista	72
Tabela 19 -Histórico do GR da cidade de Boa Vista no período: 2014 - 2017.....	74
Tabela 20 - Consumo mensal de energia, P _{inst} e intervalo de leitura na UC 1	77
Tabela 21 - Consumo mensal de energia, P _{inst} e intervalo de leitura na UC 2	80
Tabela 22 - Consumo mensal de energia, P _{inst} e intervalo de leitura na UC 3	81
Tabela 23 - Consumo médio residencial por região e UF (ano base 2015).....	83
Tabela 24 - Consumo de energia e demanda utilizada no CBV e na FEG.....	84
Tabela 25 - Indicadores kWh/m ² /ano e kWh/aluno/ano do CBV e da FEG	85
Tabela 26 - Consumo médio trimestral do CBV e da FEG – 2012 a 2017	86
Tabela 27 - Consumo médio mensal (CMM) no CBV e na FEG – 2012 a 2017.....	87
Tabela 28 - Dados históricos do FC do CBV e da FEG no período de 2012 a 2017	91
Tabela 29 - Dados históricos do IM do CBV e da FEG	93
Tabela 30 - Medição horária ao longo de um dia típico de atividades normais	94
Tabela 31 - Histórico das temperaturas da cidade de Guaratinguetá – SP.....	100
Tabela 32 - Índices de sazonalidade Spi, Spai e Si ajustado do CBV	104

Tabela 33 - Comparação do CMR entre Roraima e São Paulo	107
Tabela 34 - CMR por região e UF e temperatura média (ano base 2015).....	110
Tabela 35 - Fluxo de caixa do payback	111
Tabela 36 - Payback Simples e Descontado da GDPV do CBV	112

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Edificações e fonte de energia PV usadas como objeto de estudo.....	37
Quadro 2 - Painel demonstrativo do conjunto de dados da pesquisa	41
Quadro 3 - Quadro de cargas da iluminação externa do CBV	64
Quadro 4 - Composição da iluminação interna do CBV	65
Quadro 5 - Potência elétrica destinada às cargas térmicas instaladas no CBV	66
Quadro 6 - Fontes de evidências e possíveis soluções dos problemas	113

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AC	Área condicionada (m ²)
ACEE	<i>American Council for an Energy-Efficiency Economy</i>
AEEE	<i>Anuário Estatístico de Energia Elétrica</i>
ANC	Área não condicionada (m ²)
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
AT	Alta tensão
A _{tot}	Área total construída (m ²)
AU	Área útil (m ²)
BOVESA	Boa Vista Energia
BT	Baixa tensão
CA	Corrente alternada
CBV	<i>Campus</i> Boa Vista
CC	Corrente contínua
CDE	Conta de Desenvolvimento Energético
CEE	Consumo de energia elétrica
CHINA	República Popular da China
CMM	Consumo médio mensal
CMR	Consumo médio residencial
CMSE	Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico
CMT	Consumo médio trimestral
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do Uso dos Derivados do Petróleo e Gás Natural
COP	Coefficiente de performance
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética
DE	Desempenho energético
DEC	Duração equivalente de interrupção por unidade consumidora
DIC	Duração de interrupção individual por unidade consumidora
DICRI	Duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora
DMIC	Duração máxima de interrupção contínua por unidade consumidora
DPI	Densidade de potência de iluminação (W/m ²)
DPI _L	Densidade de potência de iluminação limite (W/m ²)
DPS	Dispositivo de proteção contra surtos
DRC	Duração relativa da transgressão de tensão crítica
DRCE	Duração relativa da transgressão de tensão crítica equivalente
DRP	Duração relativa da transgressão de tensão precária
DRPE	Duração relativa da transgressão de tensão precária equivalente
EDRR	Eletrobras Distribuição Roraima
EE	Eficiência energética
EER	<i>Energy efficiency ratio</i> (Relação de eficiência energética)
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ENV	Envoltória
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EUA	Estados Unidos da América
FEC	Frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora

FEG	Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá
FIC	Frequência de interrupção individual por unidade consumidora
GD	Geração distribuída
GDFV	<i>Distributed photovoltaic generation</i> (Geração distribuída fotovoltaica)
GE	Gestão da energia
GEE	Gases de efeito estufa
GR	Graus-dia de resfriamento
HFP	Horário fora de ponta
HP	Horário de ponta
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDE	Indicador de desempenho energético
IEA	<i>International energy efficiency</i>
IEEE	<i>Institute of electrical and electronics engineers</i> (Instituto dos Engenheiros elétricos e Eletrônicos)
IHD	<i>Individual harmonic distortion</i> (Distorção harmônica individual)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i> (Agência Internacional de Energia Renovável)
ISO	<i>International Organization for Standardization</i> (Organização Internacional para a padronização)
kV	Quilovolt
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
kWp	Quilowatt-pico
LBE	Linha de base energética
LT	Linha de transmissão
MJ	Mega joule
MJ/m ² dia	Mega joule por metro quadrado dia
MME	Ministério de Minas e Energia
MR	Microrredes
MW	Megawatt
MT	Média tensão
MVA	Mega-volt-ampère
OE	Oliveira Energia
OMS	Organização Mundial de Saúde
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PCH	Pequena central hidroelétrica
PEE	Plano de Eficiência Energética
PIB	Produto Interno Bruto
PIMVP	Protocolo Internacional de Medição e Verificação
PNE	Plano Nacional de Energia
PNT	Perda não técnica
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PRODIST	Procedimentos de distribuição de energia elétrica no sistema elétrico nacional
PT	Perda técnica
PV	<i>Photovoltaic</i> (Fotovoltaica)
QEE	Qualidade da energia elétrica
RAC-C	

	Requisitos de Avaliação da Conformidade do Nível de Eficiência Energé-
RD	Rede de distribuição
REN	Resolução Normativa
RISE	Relatório de Impacto do Sistema Elétrico
RMS	<i>Root mean square</i> (valor eficaz)
RTQ - C	Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas
SE	Subestação
SGE	Sistema de Gestão da Energia
SIN	Sistema Interligado Nacional
SRD	Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição
THD	<i>Total Harmonic Distortion</i> (Distorção Harmônica Total)
THDi	<i>Total Current Harmonic Distortion</i> (Distorção Harmônica Total de Corrente)
THDv	<i>Total Voltage Harmonic Distortion</i> (Distorção Harmônica Total de Tensão)
UC	Unidade consumidora
UCs	Unidades consumidoras
UF	Unidade da Federação
URE	Uso racional de energia
USE	Uso significativo de energia
UTE	Usina Termoelétrica
W	Potência ativa (watt)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	JUSTIFICATIVA GERAL.....	23
1.2	JUSTIFICATIVA ESPECÍFICA	27
1.3	OBJETIVOS.....	28
1.4	CONTRIBUIÇÕES	28
1.5	ESTRUTURA	29
2	PANORAMA TEÓRICO	31
3	MÉTODO.....	34
3.1	ESTRUTURA TEÓRICA	35
3.2	PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO	37
3.3	TESTE PILOTO.....	38
3.4	COLETA DOS DADOS	39
3.5	ANALISE DE DADOS.....	40
3.6	RELATÓRIO DA PESQUISA	41
4	CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE RORAIMA E CAPITAL.....	42
4.1	CONDIÇÕES GERAIS DE SUPRIMENTO E FORNECIMENTO	42
4.2	PERFIL DO CONSUMO DE ENERGIA EM RORAIMA	46
4.3	PERDAS NO SISTEMA ELÉTRICO DE RORAIMA	48
4.4	QUALIDADE DO SERVIÇO SEGUNDO A ANEEL	49
4.4.1	DEC e FEC dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito - Boa Vista	51
4.4.2	DIC/FIC/DMIC/DCRI dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito.....	51
4.4.3	Qualidade da energia	52
4.5	QUALIDADE DO PRODUTO SEGUNDO A ANEEL.....	53
4.5.1	Indicadores DRPE e DRCE – Conjunto Floresta/BV	54
4.6	AVALIAÇÃO DA EDRR REALIZADA PELA ANEEL.....	54
5	COLETA DE DADOS ELETROENERGÉTICOS.....	55
5.1	CONDIÇÕES GERAIS DO FORNECIMENTO DO CBV	56
5.2	HISTÓRICO DE CONSUMO E DEMANDA DE 48 MESES NO CBV	56
5.3	FATOR DE POTÊNCIA.....	57
5.4	PARÂMETROS ELÉTRICOS MEDIDOS DURANTE 144 HORAS.....	57
5.4.1	Potência total instantânea medida durante 144 horas	59
5.5	GRÁFICO DA POTÊNCIA W VERSUS TEMPO AFERIDA DURANTE 24 H....	60

5.5.1	Gráfico da tipologia da carga do CBV	60
5.5.2	Perfil do consumo do CBV para um dia típico	62
5.6	LEVANTAMENTO DE CARGA DO CBV.....	63
5.6.1	Potência destinada à iluminação externa do CBV	64
5.6.2	Potência destinada à iluminação interna do CBV	64
5.6.3	Potência destinada a condicionadores de ar no CBV.....	66
5.7	CARACTERIZAÇÃO DA GDPV E PRODUÇÃO ENERGIA PV NO CBV.....	67
5.7.1	Produção da GDPV e consumo faturado no CBV	69
5.8	DADOS SOBRE A TEMPERATURA DA CIDADE DE BOA VISTA	72
5.9	HISTÓRICO DO GRAUS-DIA DA CAPITAL BOA VISTA.....	73
5.10	SITUAÇÃO ELETROENERGÉTICA DO SETOR RESIDÊNCIAL.....	75
5.11	LEVANTAMENTO ELETROENERGÉTICO DE 3 RESIDÊNCIAS	75
5.11.1	Gráfico da relação do CEE entre as três residências de Boa Vista	82
5.12	CONSUMO MÉDIO RESIDENCIAL POR REGIÃO E UF	83
6	ANÁLISE DE DADOS.....	84
6.1	CONSUMO DE ENERGIA E DEMANDA MEDIDA NO CBV E NA FEG	84
6.1.1	IDE kWh/m²/ano E kWh/aluno/ano DO CBV E DA FEG	85
6.2	CMT E CMM NO HP E HFP E DEMANDA NO CBV E NA FEG.....	86
6.2.1	CMT no HP e HFP do CBV e da FEG no período de 2012 a 2017.....	86
6.2.2	CMM no HP e HFP no CBV e na FEG no período de 2012 a 2017.....	87
6.2.3	Previsão do IDE consumo total do CBV para o ano de 2018	89
6.2.4	IDE – CEE total previsto para 2018 versus CEE real de 2018 no CBV.....	89
6.3	TRATAMENTO E ANÁLISE DA DEMANDA DO CBV E DA FEG.....	89
6.3.1	Demanda média, desvio padrão, maior e menor demanda CBV/FEG.....	89
6.4	FATOR DE CARGA DO CBV E DA FEG.....	90
6.5	ÍNDICE DE MODULAÇÃO	92
6.5.1	Índice de modulação do CBV e da FEG.....	92
6.6	ESTIMATIVA DO CONSUMO DE INATIVIDADE DO CBV E FEG	94
6.7	RELAÇÕES CAUSAIS	96
6.7.1	Regressão e correlação entre o IDE CFP do CBV e GR de Boa Vista	96
6.7.2	Regressão e correlação entre o IDE CFP do CBV e T_{méd} de Boa Vista.....	98
6.7.3	Regressão entre o IDE D do CBV e T_{méd} da cidade de Boa Vista.....	99
6.7.4	Análise da T_{méd} das cidades de Guaratinguetá e Boa Vista.....	100
6.8	SÉRIES TEMPORAIS	101

6.8.1	Índices de sazonalidade S_{pi}, S_{pai} e S_i ajustado da instalação do CBV	102
6.9	ANÁLISE DO CONSUMO MÉDIO EM EDIFÍCIOS DE RR E SP	106
6.9.1	Consumo médio residencial Roraima versus São Paulo	107
6.10	AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DA GDPV DO CBV	110
6.10.1	Análise de investimento da GDPV de 66 kWp no CBV	111
6.11	FONTES DE EVIDÊNCIAS DA PESQUISA E POSSÍVEIS SOLUÇÕES	112
7	CONCLUSÕES	114
	REFERÊNCIAS	115

1 INTRODUÇÃO

A sociedade contemporânea exige o uso racional da energia elétrica com vistas à redução das consequências do efeito estufa e a preservação dos recursos naturais. O uso racional da energia apresentam-se em duas dimensões básicas: redução de custos e redução de danos ao meio ambiente (FILIPPO FILHO, 2018, p. 28). Cita que usar energia de forma criteriosa envolve ações de conservação, eficiência e gestão da energia.

Para Filippo Filho (2018, p. 27)“ a conservação de energia se relaciona com os hábitos e padrões de consumo (aspectos comportamentais) por um lado, e por outro, com a estrutura de uso e consumo, ou seja, com a posse, operação e manutenção de equipamentos (aspectos organizacionais)”. Cita que a eficiência energética é a relação entre saída e entrada de energia de um sistema ou equipamento e geralmente sua melhoria envolve a substituição ou alteração de equipamentos e processos com vistas a obtenção do mesmo uso da energia com um consumo menor (aspectos tecnológicos). Descreve ainda que a gestão da energia vai além das abordagens comportamentais, organizacionais e tecnológicas na promoção do uso racional da energia, sua administração exige esforços permanentes de conservação e eficiência, visando à melhoria contínua do desempenho energético e destaca que a gestão da energia pressupõe toda uma estrutura de monitoramento e avaliação do desempenho energético.

Dias et al. (2004, p. 1339, tradução nossa) entendem que o uso racional da energia é um recurso abundante que pode permitir o alívio dos sistemas de suprimento e fornecimento a curto prazo postergando ou evitando investimentos nos sistemas de geração, transmissão e distribuição de energia, mas é necessário uma educação transformadora para obter êxito.

O Estado de Roraima tem sistema elétrico isolado, ou seja, não faz parte do Sistema Interligado Nacional (SIN) e situa-se em uma região com enormes dificuldades de suprimento, resultando num fornecimento de má qualidade. O uso racional da energia aliado à geração distribuída fotovoltaica (GDPV) e a gestão da energia pode contornar parte do suprimento e evitar distúrbios na rede elétrica do Estado, que aumentam diariamente devido à perda total (PTotal) na rede, e aos maus hábitos e padrões de uso e consumo (quando não há por parte dos usuários de energia elétrica preocupação em evitar o desperdício, ou seja, não há preocupação em conservar a energia que dispõe); operação e manutenção de equipamentos sem a observância das normas técnicas (por exemplo: deixar de realizar manutenção adequada das borrachas de porta da geladeira), defasamento tecnológico da instalação (quando se usa equipamentos ultrapassados, como por exemplo: geladeiras e ar-condicionado).

Roraima dispõe de grande potencial de energia solar negligenciado pelos gestores da política eletroenergética nacional e local. A implantação de energia fotovoltaica distribuída no Estado se justifica pelos potenciais benefícios que tal modalidade de energia pode proporcionar ao sistema elétrico local. Entre os benefícios destacam-se: adiamento de investimentos em expansão dos sistemas de transmissão e distribuição de energia elétrica; baixo impacto ambiental; redução do carregamento das redes; redução das perdas técnicas; produção abundante de energia fotovoltaica devido a radiação global diária média de 17,83 MJ/m²/dia e diversificação da matriz energética do Estado de Roraima.

A geração distribuída fotovoltaica é classificada pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), em micro e minigeração distribuída. A central geradora com potência instalada de até 75 kW é denominada de microgeração distribuída. E a minigeração distribuída é àquela estação fotovoltaica com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW.

A relação do consumidor brasileiro com a energia fotovoltaica vem se alterando a partir de 2012, quando entrou em vigor a Resolução Normativa nº 482 publicada em 17 de abril de 2012 ANEEL (2017a). Desde então, o consumidor pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada (micro e minigeração distribuída) e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição (RD) de sua localidade. Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior a energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes. De acordo com as novas regras, que entraram em vigor em 1º de março de 2016, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que estes créditos podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras (UCs) de propriedade do mesmo titular que estejam situadas em outras localidade, desde que na mesma área de atendimento da distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado pela ANEEL de “autoconsumo remoto”.

A qualidade da energia elétrica (QEE) é outra componente importante. A eletrônica embarcada em equipamentos ou dispositivos geram harmônicos de tensão e corrente (distúrbios) que se propagam pela rede, prejudicando consumidores residenciais, comerciais e industriais. O monitoramento e análise da QEE em Roraima é importante para manter a estabilidade e confiabilidade do sistema elétrico e também pode ajudar a reduzir as perdas relacionadas aos distúrbios inerentes à QEE, como por exemplo: nível de tensão, desequilíbrio de corrente, harmônicos e qualidade do fator de potência. Os níveis de distúrbios em um sistema elétrico dependem do tipo de carregamento. Equipamentos de má qualidade ou de boa qualidade instalados são afetados por outros equipamentos em rede, isso acontece devido a infraestrutura compartilhada.

O consumo médio residencial brasileiro do ano base de 2017, nas cinco regiões brasileiras e nas 26 UF e Distrito Federal publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2018) no Anuário Estatístico de Energia Elétrica (AEEE, 2018, p. 181) revela que, em 2017, o consumo médio residencial brasileiro alcançou um valor de 157,9 kWh/mês, esse consumo na região norte foi de 148,4 kWh/mês, no Estado de São Paulo atingiu um montante de 191,5 kWh/mês e no Estado de Roraima foi de 305,9 kWh/mês.

1.1 JUSTIFICATIVA GERAL

O binômio “eficiência e geração distribuída renovável” é uma tendência mundial no combate aos efeitos das mudanças climáticas. À frente deste ideal estão países como Alemanha, China e Estados Unidos da América (EUA), os quais, graças a uma combinação de políticas de governo e responsabilidade ambiental, são hoje, uma prova de que a economia em progressão pode ser uma aliada do meio ambiente. Embora os ganhos com a implantação de bases energéticas limpas alcancem benefícios comuns, entre os países pioneiros, os fatores motivadores que motivaram investimentos em novas tecnologias de geração de energia, não foram necessariamente os mesmos.

Os gases de efeito estufa (GEE) emitidos pelos combustíveis fósseis nos Estados Unidos tiveram grande influência na transição energética (*Energy Transition*), motivando o governo a criar planos estratégicos para aumentar a participação de fontes renováveis na matriz energética do país, como o “Plano de Energia Limpa” (*Clean Power Plan*), cujo objetivo é a redução de 32% das emissões de GEE, principalmente, emitidos pelas usinas de energia elétrica de todo País até o ano de 2030. (WHITE HOUSE, 2015, OE 13783, tradução nossa).

ERI; CNREC (2017) descrevem que o governo chinês foi motivado a implementar as fontes renováveis de energia na matriz energética chinesa, por causa da extrema poluição do ar, sendo necessária a criação de políticas restritivas para controlar o uso do carvão mineral, o mais poluente dos combustíveis fósseis utilizado na indústria e na geração de eletricidade. Citam que a China chegou a registrar um índice de poluição atmosférica 20 vezes acima do considerado seguro pela Organização Mundial de Saúde (OMS), resultando em graves doenças respiratórias e morte prematura de sua população.

Para Sonnenschein e Hennicke (2015) a motivação na Alemanha teve início na década de 1980, através do movimento denominado “transição energética” (*Energiewende*), em virtude da manifestação antinuclear organizada após o acidente nuclear na usina de *Chernobyl*. Citam que o termo *Energiewende* ganhou mais força quando a maioria dos alemães se manifestou

contra a manutenção das usinas nucleares naquele país, forçando o governo a determinar o desligamento gradual de todas as 17 usinas atômicas daquele país. A partir de então, o governo criou incentivos e metas para substituir as usinas nucleares por fontes limpas de energia renováveis até o ano de 2022.

The International Energy Agency (IEA) é uma instituição que examina todo o espectro de questões energéticas, incluindo oferta e demanda de petróleo, gás e carvão, tecnologias de energia renovável, mercados de eletricidade, eficiência energética, acesso à energia, gerenciamento do lado da demanda e muito mais. Por meio de seu trabalho, a *IEA* defende políticas que aumentem a confiabilidade, acessibilidade e sustentabilidade da energia em seus 30 países membros. “A demanda global por energia cresceu 2% em 2017, após dois anos de baixo crescimento. Um aumento nas atividades de uso de energia em muitos países, regiões e setores superou o progresso contínuo em EE. A intensidade energética global caiu 1,7% em 2017, a menor melhora anual registrada nesta década de 2018” (IEA, 2018, p. 13, tradução nossa). Segundo a (IEA, 2018, p. 18, tradução nossa) o crescimento na demanda de energia das economias emergentes foi significativo, uma vez que seguiu dois anos em que o crescimento foi inferior a 1%. Cita que esse aumento deveu-se em grande parte ao aumento de 2,6% na demanda de energia na República Popular da China (doravante, “China”) em comparação com uma queda de 1,1% em 2016. Esse resultado demonstra que a eficiência energética global piorou no ano de 2017 puxada pela baixa eficiência da China.

O setor de energia global está passando por uma transição acelerada. Os padrões de investimento estão mudando, motivados por uma multiplicidade de fatores, incluindo mudanças tecnológicas, evolução das preferências dos consumidores e medidas políticas. Políticas que afetam o setor de energia motivadas por uma série de objetivos. Lidar com a mudança climática é uma consideração crítica entre esses objetivos, mas os governos continuamente se deparam com outras prioridades, como garantir o fornecimento de energia a preços acessíveis, melhorar a segurança energética e fornecer acesso universal à energia, além de reduzir a poluição do ar (IEA, 2017, p. 15, tradução nossa)

The American Council for an Energy-Efficient Economy-ACEEE (2014) entende que os EUA ficaram em 8º em EE entre 23 países maiores consumidores de energia auxiliados por mais rigorosos padrões de economia de combustível para veículos leves e pesados, abrangente crédito fiscal e programas de empréstimos para incentivar a eficiência, e parcerias voluntárias entre governo e indústria. Sua pontuação passou de 42 pontos da edição anterior para 61,5 pontos, em parte devido ao melhor desempenho nos esforços nacionais e categorias de edifícios. A Alemanha obteve a maior pontuação geral com 73,5 de 100 pontos possíveis, seguida estreitamente pela Itália e Japão, empatados em 2º lugar com 68,5 pontos. A Alemanha marcou mais

pontos nos esforços nacionais, edifícios e categorias da indústria, enquanto a Índia empatou com a Itália e Japão pelo primeiro lugar no transporte. O país com menor pontuação foi a Arábia Saudita com 15,5 pontos. Brasil e África do Sul completaram os três últimos, embora com pontuações significativamente maiores de 32,5 e 33 pontos, respectivamente.

Os resultados apresentados por Kallakuri et al. (2016) indicam que existem oportunidades substanciais de melhoria em todas as economias avaliadas no relatório. A pontuação média foi de apenas 51 pontos. A baixa pontuação dos países em desenvolvimento como o Brasil, África do Sul, Tailândia e México têm potencial para aumentar a eficiência energética em seu contínuo crescimento econômico, com políticas voltadas aos setores industrial, predial e de transporte.

Filippo Filippo Filho (2018, p. 7) explica que no Brasil a eficiência energética melhorou no início do século XX até meados da década de 1970 devido ao extraordinário desenvolvimento tecnológico dos produtos da época. Cita que a preocupação com a eficiência energética no Brasil, se intensificou após a década de 1970, quando aconteceu o primeiro choque do petróleo. A partir daí surgiu a preocupação com o desperdício de energia elétrica, que resultou em acentuado aumento da eficiência dos produtos e em alterações de hábitos do consumo.

Indo ao encontro da filosofia da nova ordem energética mundial, em 2007, o governo brasileiro instituiu legislação própria e criou o Plano Nacional de Energia 2030 (PNE 2030). O definindo para o ano de 2030, uma meta de economia de 10% no consumo final de energia elétrica (MME, 2007, p.1 - 368), a ser alcançada mediante o incremento da eficiência dos sistemas energéticos, e evidenciou a necessidade de elaborar um Plano de Eficiência Energética (PEE), que deverá nortear o desenvolvimento da EE do país. O Brasil possui várias instituições que lidam regularmente com o tema “eficiência energética”, tais como o Ministério de Minas e Energia (MME); a ELETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL); a PETROBRÁS, responsável pela execução do Programa Nacional de Racionalização e Uso de Derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET); a ANEEL, responsável pela execução do Programa de Eficiência Energética das Concessionárias Distribuidoras de Energia Elétrica (PEE); as próprias concessionárias distribuidoras; o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), responsável pela execução do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE); e algumas grandes empresas industriais, que possuem programas internos de conservação de energia. Há outras que lidam com o tema de forma transversal ou mesmo esporadicamente.

Um dos instrumentos legais recentes no Brasil é a Lei nº. 10.295/2001 (Lei de Eficiência Energética) e o Decreto nº 4.059/2001, que regulamentou a referida Lei e criou o Comitê Gestor

de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE), com a função de elaborar um programa de metas com indicação da evolução dos níveis de eficiência energética a serem alcançados para cada equipamento regulamentado. Outro instrumento importante é o PBE e o Selo PROCEL de Economia de Energia que garante a maioria dos resultados obtidos pelo país.

Na literatura analisada identifica-se questões de pesquisas teóricas alinhadas ao presente trabalho. As Questões Teóricas de Roraima vinda dos artigos são expostas nos itens de 1 a 5.

1) uma transição energética efetiva para Sonnenschein e Hennicke (2015) significa fechar a lacuna entre o consumo e o suprimento de energia de fontes renováveis. Isso requer o sério compromisso dos atores em toda a sociedade e a rápida implementação de políticas ambiciosas de tecnologia e de comportamento.

2) para se obter economia de energia por meio da melhoria da eficiência energética, segundo Aragón et al. (2013) é necessário fazer um diagnóstico que mostre o real desempenho energético e, assim, determinar os investimentos requeridos. Não obstante a viabilidade econômica destes investimentos deve ser avaliada. Diversos autores afirmam que esta área é carente, especialmente na avaliação do risco. O *payback* é o critério mais utilizado, mas não é o mais conveniente.

3) A eficiência energética é o meio de menor custo para atender à necessidade por energia elétrica. Para Kallakuri et al. (2016) governos que incentivam o investimento em eficiência energética e implementam políticas para economizar dinheiro, reduzem a dependência de importações de energia e contribuem com a redução da poluição. Por outro lado, a IEA (2018) publicou na série de relatórios de mercado do ano base de 2017, que está ficando cada vez mais claro que a eficiência energética pode trazer muitos benefícios econômicos e ambientais significativos, mas o enorme potencial de eficiência energética permanece inexplorado.

4) Ayub et al. (2014, p. 669, tradução nossa) entendem que a crescente preocupação com a poluição e o aquecimento global tornou a energia fotovoltaica uma das potenciais energias renováveis e limpas na matriz energética mundial e que a questão da qualidade de energia, como a Distorção Harmônica Total, tornou-se uma preocupação cada vez maior, pois quanto mais fontes de energia fotovoltaica interligadas à rede maior o nível de harmônicos. Isso incentiva um extenso estudo para identificar os distúrbios no sistema de energia.

5) os sistemas fotovoltaicos incorporam conversores de energia, que são dispositivos geradores de harmônicos, que para Fekete et al. (2012) influenciam na qualidade de energia da rede de fornecimento.

1.2 JUSTIFICATIVA ESPECÍFICA

A presente pesquisa se justifica como uma proposta de investigação que busca apresentar a situação da estrutura eletroenergética disponível no Estado de Roraima até dezembro de 2018, seu custo econômico e social, e os possíveis benefícios relacionados à implantação de EE e GDPV no Estado, principalmente na capital Boa Vista. Para tanto, foram formulados as seguintes questões de pesquisa:

a) o consumo de energia elétrica (CEE) em Roraima é fortemente concentrado em edificações dos setores residencial, comercial e do poder público?

b) o Estado de Roraima teve em 2015 um CMR de 316 kWh/mês maior que do Estado de São Paulo (191,3 kWh/mês) e o maior do Brasil?

c) a analisar as características de consumo e uso da energia em edificações dos setores residencial, comercial e poder público e comparar os resultados dessa análise com o estudo previamente realizado em edificações similares localizadas no Estado de São Paulo (prédios da FEG), tendo por base o preconizado pelas normas da família ISO 50000, pode contribuir com melhorias para a GE e a EE no Estado de Roraima?

d) o resultado da revisão elétrica do CBV atende às exigências do RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de EE de Edifícios Comerciais, Serviços e poder Público) do INMETRO?

e) os distúrbios relacionados à QEE, como por exemplo: nível de tensão, desequilíbrio de corrente, harmônicos, qualidade do fator de potência e fator de potência reativa contribuem para o excessivo CMR em Roraima?

f) as UCs residenciais de Roraima apresentam consumo excessivo em relação às UCs residenciais do Estado de São Paulo? Por que?

g) os gestores da energia em Roraima aplicam as orientações da norma série ISO 50000, dos programas de eficiência energética da ANEEL e PROCEL, fornecendo aos consumidores serviços e produtos com qualidade, de forma que as classes consumidoras tenham tarifas conforme os macro indicadores (kWh/consumidor e kWh/PIB), com eficiência do uso e consumo, baixas perdas técnicas, não técnicas e baixa inadimplência?

h) a posição geográfica do Estado de Roraima e o seu índice de insolação em MJ/m²/dia proporcionam viabilidade técnica e econômica para a implementação de GDPV?

i) a GDPV do CBV (projeto-piloto) contendo três inversores de 12 kWp (12 quilowatt-pico), dois inversores de 15 kWp e 270 placas solares de 265 Wp, com 66 kWp de potência instalada, tem viabilidade técnica e econômica?

1.3 OBJETIVOS

Analisar comparativamente o desempenho energético em edificações de Boa Vista (RR) e Guaratinguetá (SP), fundamentado no cálculo de desempenho energético de Filippo Filho (2016). Para tal foram adotados como objeto de estudo edifícios públicos universitários e residências privadas de ambas as cidades. Tem-se como objetivos específicos:

- Analisar as características de consumo e uso da energia dessas edificações.
- Identificar melhorias no uso de energia no IFRR alinhadas ao Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e de Serviços Públicos (RTQ-C) do Ministério de Minas e Energia MME (2017) e da Indústria e Comércio, e normas da família ISO 50000.
- Avaliar viabilidade técnico-econômica de uso de Energia Fotovoltaica no *campus* de Boa Vista (RR)

1.4 CONTRIBUIÇÕES

A promoção da eficiência energética e o aumento da oferta interna de energia no Estado de Roraima está sendo negligenciado devido a uma série de barreiras como acesso limitado ao capital, falta de atenção da administração, disponibilidade insuficiente de conhecimento ou provedores de serviços qualificados. Embora Roraima tenha quase continuamente melhorado seu sistema elétrico conjugado com a oferta interna de energia, por outro lado a perda total na rede da distribuidora (perda técnica mais perda não técnica) aumentou exponencialmente de 2010 a 2017 atingindo 25% da energia injetada na rede da distribuidora em 2017. O uso racional da energia é outra variável negligenciada por parte dos consumidores que usam equipamentos e diversos dispositivos consumidores de energia elétrica de forma simultânea sem dar a devida importância a conservação de um bem tão caro e escasso (princípio da conservação da energia). Outras variáveis responsáveis pelo excessivo consumo médio residencial em Roraima são: temperatura média sempre alta em torno de 30 °C exigindo o uso intenso e excessivo de máquinas frigoríficas (ar-condicionado, geladeira e freezer); baixa eficiência energética dos equipamentos, lâmpadas e eletrodomésticos em geral; perdas técnicas provocadas por instalações construídas sem a devida observância às normas técnicas, principalmente a NBR 5410 da ABNT e RTQ-C. A radiação solar é uma das principais fontes de energia limpa e renovável do Estado, com o potencial de solucionar a curto prazo parte do fornecimento de energia, por exemplo,

uma fonte PV de 66 kWp atinge rendimento mínimo próximo de 13% com retorno do investimento em menos de 15 anos sem considerar os inúmeros aumentos da energia convencional no período. O binômio “eficiência energética e geração distribuída renovável” é uma das soluções a curto prazo para solucionar parte da escassez de energia em Roraima. Recomenda-se mais pesquisas para melhorar a base de conhecimento e a compreensão dos mecanismos para garantir a implantação de ações de eficiência energética e a mitigação de gases de efeito estufa nos setores produtores e consumidores de energia do Estado de Roraima. As principais lacunas no conhecimento para futuras pesquisas voltadas aos setores consumidores do Estado são: a intensidade energética de referência para edificações específicas (especialmente residências e prédios públicos), consumidores em transição energética (aqueles que geram sua própria energia e injetam o excesso na rede local) denominada de geração distribuída, potencial de melhoria de eficiência energética em residências, edifícios comerciais e do setor público, quantificação de co-benefícios, opções de mitigação e implicações do desenvolvimento sustentável impactado pelo consumidor produtor de energia fotovoltaica distribuída no extremo norte brasileiro

1.5 ESTRUTURA

O capítulo 1 apresenta os benefícios do uso racional de energia em duas dimensões: redução de custos e redução de danos ao meio ambiente. Relaciona conservação de energia com os aspectos comportamentais e organizacionais. Define eficiência energética, gestão da energia e desempenho energético. Define sistema elétrico isolado e apresenta a geração fotovoltaica distribuída e gestão da energia como possível solução para contornar parte do suprimento de Roraima. Evidencia os distúrbios na rede elétrica, os maus hábitos e padrões de uso e consumo, como fatores responsáveis pelo excessivo consumo no Estado de Roraima.

No capítulo 2 é realizado uma ampla pesquisa bibliográfica na base de dados da *Web of Science*, *Scopus*, *Google Acadêmico* e outras bases sobre o tema “eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída”. Identifica-se o estado da arte dos temas citados. Discute a teoria sobre os temas “eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída” e apresenta o entendimento de diversos autores relacionados aos temas na busca por informações que possam nortear explicações para o excessivo consumo de energia no Estado de Roraima.

O Capítulo 3 descreve o método de investigação e explica detalhadamente, os princípios metodológicos a utilizar. Neste capítulo, inclui-se, por isso, toda a explicitação e fundamentação no que diz respeito às opções metodológicas e ao processo de pesquisa baseada em modelo

quantitativo classificada como uma abordagem racional de geração de conhecimento que segundo Bertrand e Fransoo (2002, p. 249, tradução nossa) baseia-se no pressuposto de que pode-se construir modelos objetivos que expliquem parte do comportamento dos processos operacionais da vida real ou que possam capturar parte dos problemas de tomada de decisão que são enfrentados pelos gerentes em processos operacionais da vida real seguido neste estudo. Este capítulo está estruturado em quatro seções. Na primeira expõem-se uma reflexão sobre questões metodológicas de modo a fundamentar a estratégia de investigação escolhida no panorama teórico. Na segunda seção é feita uma caracterização do contexto do estudo, na terceira seção expõe-se o plano de investigação empírico nas suas fases de coleta de dados e na quarta seção aborda-se todo o procedimento relativo à execução do trabalho empírico, descrição dos instrumentos e técnicas utilizadas na coleta de informação, como descrito no capítulo 5 da obra “Gestão da Energia: fundamentos e aplicações” de Filippo Filho (2018, p. 127 - 155), a observação de aulas e o método de tratamento de dados.

O capítulo 4 faz uma apresentação geral do Estado de Roraima, apresentando: condições gerais de suprimento e fornecimento, perfil do consumo, perdas elétricas, qualidade da energia, qualidade do serviço da distribuidora e do produto.

No capítulo 5 são apresentados os resultados dos dados coletados sobre o consumo e uso de energia nas organizações de ensino superior (CBV e FEG) e nas residências de Roraima (UC 1, UC 2 e UC 3) e de São Paulo (UC 4).

O capítulo 6 analisa os dados apresentados no capítulo 5.

O capítulo 7 apresenta a conclusão contendo a síntese de tudo o que foi apresentado em cada um dos cinco capítulos desta dissertação.

2 PANORAMA TEÓRICO

O artigo de Cao et al. (2016) oferece uma breve visão sobre situações de consumo de energia, abordagens relevantes sobre economia de energia e a influência das mudanças climáticas globais. Citam situações de consumo de energia com base em dados derivados de relatórios internacionais entre os EUA, a China e a União Europeia (UE).

Camimoto et al. (2016) consideram que quanto maior o nível de atividade econômica, maior o uso da energia e maiores os impactos ambientais provocados por este uso. Citam que a eficiência energética pode proporcionar segurança e benefícios adicionais, como mitigação às emissões de GEE. Para os autores, o desenvolvimento social e econômico geram crescimento populacional, fatores que afetam a crescente demanda de energia nos países.

Aragón et al. (2013) entendem que para se obter economia de energia por meio da melhoria da eficiência e sustentabilidade energética, é necessário fazer um diagnóstico que demonstre o real DE e, assim, determinar os investimentos requeridos e após concluído o diagnóstico, a viabilidade econômica e técnica destes investimentos deve ser avaliada por meio de análise de engenharia e a análise de risco. Citam que a análise de engenharia deverá ser realizada por meio de ferramentas de diagnóstico que permitem identificar os investimentos em eficiência e sustentabilidade energética. Citam ainda que a análise de risco permitirá avaliar sua viabilidade, considerando a incerteza associada às variáveis que determinam a economia de energia e seu efeito sobre a fonte.

Filippo Filho (2016, p. 1) conclui que a análise de gestão da energia deverá ser realizada através de medição do DE utilizando LBE e IDEs, por meio de quatro ferramentas: segmentação horária, séries temporais, relações causais e graus-dia de resfriamento (GR) baseado na ABNT ISO 50006: 2016.

Moreira et al. (2015) consideram que a introdução de SGE nas organizações ajuda a diminuir os custos da energia e estabelecer uma imagem pública positiva da organização.

Hartwig et al. (2017) consideram a EE uma das contribuições mais rápidas e rentáveis para um sistema energético sustentável, seguro e acessível. Citam que os chamados ‘benefícios não-energéticos’, ‘co-benefícios’ ou ‘benefícios múltiplos’ da EE estão recebendo um crescente interesse dos decisores políticos e da comunidade científica.

Sakar et al. (2018) entendem que a GDPV baseada em inversores eletrônicos vem aumentando rapidamente nas redes de distribuição como alternativa para suprir a demanda de energia, pois ela fornece a solução certa para lidar com EE e problemas de energia limpa. Citam que o dimensionamento errado dessas fontes pode causar problemas nos sistemas de distribuição,

como por exemplo: variações de tensão, sobrecarga de transformadores e alimentadores, falhas de proteção e altos níveis de distorção harmônica total (THD).

Na mesma linha de pensamento Liang (2017) realiza uma extensa revisão da literatura para desafios emergentes de qualidade de energia devido à integração de fontes de energia renováveis à rede elétrica. Os principais problemas de qualidade (flutuações de tensão, frequência e harmônicos) são revisados, as tecnologias do estado de arte existentes relacionadas a eles são sumarizadas. O armazenamento de energia e seu papel na qualidade de energia devido à integração de fontes de energia renovável também são abordados pelo autor nesta revisão.

Já Chidurala et al. (2015) entendem que a implantação de GDPV aumentou devido à redução dos custos. Mas, a alta penetração das fontes PV pode injetar harmônicos na RD causando problemas para cargas sensíveis e controladores de cargas devido a relação entre energia gerada e irradiação solar local, tendo como resultado geração de energia variável, alterando o nível de harmônicos de cada inversor conectado à RD. Os autores apresentam o resultado de uma avaliação detalhada dos harmônicos oriundos de inversores.

Para Ayub et al. (2014) a poluição e aquecimento global na geração de energia elétrica tornou as fontes PV uma das principais alternativas na geração de energia elétrica limpa. Mas, problemas relacionados com a qualidade da energia, como THD tornou-se uma preocupação cada vez mais grave à medida que mais fontes PV são integradas à RD. O artigo estuda o impacto da irradiação solar na geração de THD de corrente e tensão utilizando o modelo de simulação desenvolvido no Simulink. Para os autores, esse modelo é muito útil para ajudar os engenheiros e pesquisadores do sistema de energia a entenderem a GDPV.

Chidurala et al. (2014) analisam a geração de TDH pelos inversores devido a irradiação solar variável nas células fotovoltaicas. Segundo os autores, realizou-se a análise no PSCAD e o efeito da variação da irradiação solar na corrente de saída e na distorção de tensão do inversor foi estudado em detalhes, além disso, os resultados foram comparados com as medições de campo realizadas pelo sistema UQ PV. Para os autores, os resultados medidos demonstram que, durante a geração de energia com baixa irradiação solar, o sistema fotovoltaico possui altos valores de distorção harmônica total de corrente (THDI) em relação à corrente fundamental.

Na mesma linha de pensamento Fekete et al. (2012) investigam o impacto do primeiro PV residencial de 10 kWp conectado à rede de baixa tensão (RDBT) instalado na Croácia. A análise dos dados registrados é feita em relação ao conteúdo harmônico da corrente fotovoltaica devido à variação de irradiação solar em duas estações do ano (inverno e verão). Com base nos

dados medidos foi elaborado um modelo computacional da RD da planta local com vários cenários de expansão da energia fotovoltaica residencial, presume-se que um terço das casas que estão conectadas à rede local instalará subestação de energia fotovoltaica de 10 kWp.

A irradiação solar variável foi estudada por Tiba (2000) e o resultado apresentado no Atlas Solarimétrico do Brasil, nele constam os mapas de isolinhas de radiação solar, insolação, tabelas de dados solarimétricos e de localização, além do resumo das publicações das pesquisas realizadas em todo território nacional. A análise das Cartas numeradas de (3.2 a 3.13) indica que o Estado de Roraima tem radiação global diária média mensal de 17,83 MJ/m²dia.

Segundo Tiba (2000) além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar), a radiação solar, também denominada energia total incidente sobre a superfície terrestre é influenciada pela latitude local, além da posição no tempo (hora do dia e dia do ano) devido à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a Terra gira diariamente (movimento de rotação) e a trajetória elíptica que o Planeta descreve ao redor do Sol (translação ou revolução)

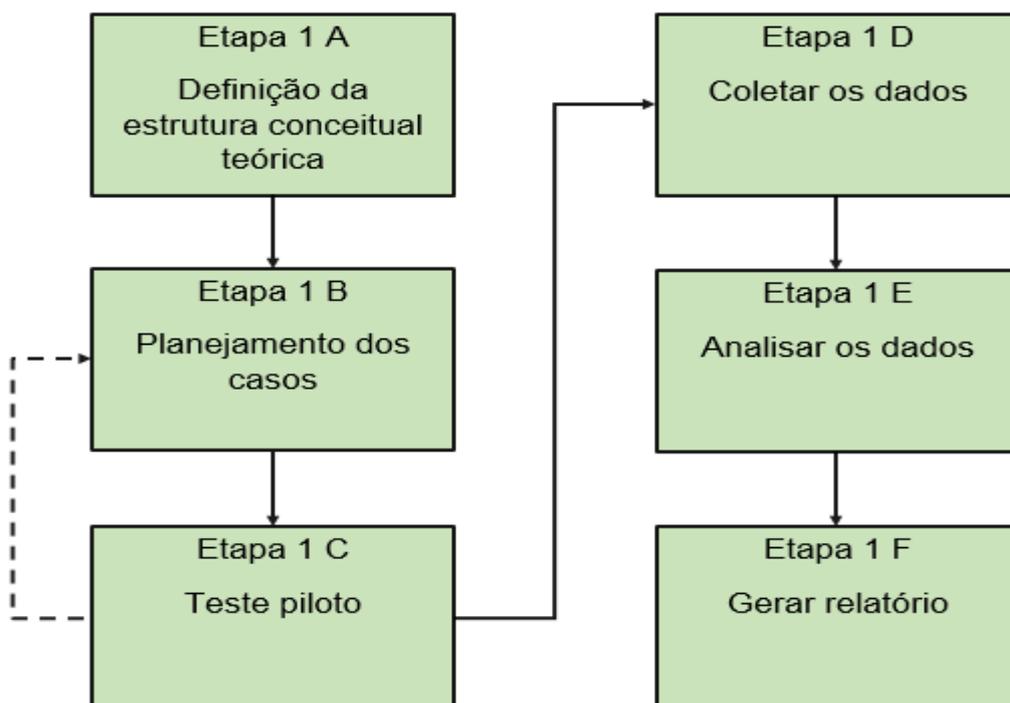
3 MÉTODO

A estratégia metodológica adotada possui as características de modelagem Empírico-Normativa que para Bertrand e Fransoo (2002, p. 249, tradução nossa) está interessada em desenvolver estratégias e ações para encontrar uma solução ideal para um problema recém-definido ou para comparar várias estratégias para tratar de um problema específico. O modelo quantitativo adotado é baseado em um conjunto de variáveis que variam em um domínio específico, enquanto as relações quantitativas e causais foram definidas entre essas variáveis. Com "quantitativo", nesta observação, entenda-se que a extensão em que a variável dependente muda quando ocorre uma mudança especificada na variável independente é quantitativa. É importante ressaltar que as relações entre as variáveis são descritas como causais, significando que é explicitamente reconhecido que uma mudança de valor em uma variável (X) levará a uma mudança de valor em outra variável (Y), tal como descreve Filippo Filho (2018, p. 127 - 155).

Este trabalho preocupa-se em melhorar a situação atual da instalação do IFRR, *campus* de Boa Vista. O problema foi abordado de forma quantitativa e replicou o método de definição de desempenho energético de Filippo Filho (2016).

As etapas de pesquisa seguem o fluxograma apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Condução do estudo



Fonte: Adaptado de Muniz Junior (2007).

3.1 ESTRUTURA TEÓRICA

A estrutura conceitual teórica (Etapa 1A) desta pesquisa foi definida pelo mapeamento da literatura sobre o tema “eficiência energética e geração distribuída fotovoltaica”. Esse mapeamento localizou o tópico de pesquisa no contexto da literatura disponível. As fronteiras da pesquisa foram estabelecidas por meio do estado da arte do tema, enquanto que as proposições foram delineadas por meio da confrontação de ideias dos autores citados, visando encontrar lacunas na literatura que justificasse o estudo.

A Pesquisa foi realizada na plataforma *Web of Science* e em outras bases de dados nacionais e internacionais, com artigos publicados no período de janeiro 1997 a dezembro de 2018. Os artigos foram encontrados usando as palavras-chave: *energy efficiency (EE)*, *voltage and current harmonics (VCH)*, *variations in voltage levels (VVL)*, *harmonics in electric distribution (HED)* and *electrical grounding (EG)*, conforme expostos na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das palavras-chave mais usadas nos últimos 21 anos

PESQUISA REALIZADA NO PERÍODO DE JANEIRO DE 1997 A DEZEMBRO DE 2018		
Palavras-chave mais usadas	Últimos 20 anos	Últimos 6 anos
<i>Energy efficiency (EE)</i>	242.473	128.558
<i>Distributed photovoltaic generation</i>	2.746	1.978
<i>Voltage and current harmonics (VCH)</i>	14.190	6.307
<i>Variations in voltage levels (VVL)</i>	4.097	1.839
<i>Harmonics in electric distribution (HED)</i>	1.358	535
<i>Electrical grounding (EG)</i>	10.089	3.907

Fonte: WEB OF SCIENCE (2018).

Após a classificação das palavras-chave mais usadas nos últimos 21 anos foi realizada uma busca refinada usando-se as palavras-chave mais usadas nos últimos 6 anos. As pesquisas foram realizadas nas bases de dados [Web of Science](#), [Scopus](#), e [Google Acadêmico](#) e em outras bases, buscando-se por tópico: *energy efficiency and distributed photovoltaic generation*. Apesar do tópico *Voltage and current harmonics (VCH)* ter alcançado o segundo lugar com 6.307 publicações, optou-se pelo tópico *Distributed photovoltaic generation*, por este estar alinhado ao título deste trabalho. Como resultado foram encontrados 304 artigos publicados no período de janeiro de 2013 a dezembro de 2018, só nos últimos 5 anos (2013 a 2017) foram 217 publicações. Até dezembro de 2018, o número de artigos já atingia 87. Na área de engenharia elétrica foram 153 publicações, entre janeiro de 2013 a 18 de dezembro de 2018. O mapeamento refinado dos tópicos expostos na Tabela 1 possibilitou identificar o referencial teórico da pesquisa

estruturado por meio da literatura disponível. A identificação de trabalhos de cunho teórico e de caráter empíricos é outra função importante nesse mapeamento. A abrangência da literatura demonstra como o tópico em estudo é influenciado pelas fontes bibliográficas existentes. A busca e organização bibliográfica possibilitou identificar lacunas, conforme exposto na terceira coluna da Tabela 2.

Tabela 2 – Eficiência energética e geração fotovoltaica distribuída

Energy efficiency and distributed photovoltaic generation		
Ano	Total de publicações	Total de publicações em
2013	35	19
2014	36	21
2015	53	25
2016	55	26
2017	38	18
2018	87	44
TOTAL	304	153

Fonte: WEB OF SCIENCE (2018).

A Revisão teórica permitiu identificar o método de Filippo Filho (2018, p. 26), que tornou possível definir um Roteiro de Cálculo para determinar o Desempenho Energético do objeto de estudo e encontrar lacunas relacionadas à conservação, eficiência, gestão e consumo de energia, cujo Roteiro é apresentado na sequência de 1 a 6.

1) Determinar o intervalo de tempo de interesse (hora, dia, semana, mês) para apurar os Indicadores de Desempenho Energético (IDEs).

2) Estabelecer um histórico do IDE em kWh e, com base nele, elaborar uma série temporal para a previsão do comportamento esperado do IDE no futuro, considerando a não adoção de melhoria (fatores estáticos). Essa previsão será o valor de referência.

3) Determinar IDE real e compará-lo com o IDE de referência. O ganho de melhoria ocorrerá se o IDE real apurado for inferior ao IDE de referência.

4) Produzir uma representação gráfica do IDE em kWh em função do tempo, ou seja, um gráfico tipo Y (IDE) *versus* X (tempo) e definir a equação de tendência por meio da Planilha EXCEL.

5) Decompor o IDE (Y) em 3 componentes multiplicativas ($Y_i = T_i \times S_i \times I_i$) a saber: a) T_i - componente de tendência, que representa o comportamento médio do IDE ao longo do tempo. b) S_i - componente de sazonalidade que representa a variação sazonal do IDE e I_i - componente de irregularidade do IDE. O subscrito i indica o mês em questão.

6) Verificar as relações de causa e efeito (relações causais) do excessivo consumo de energia no Estado de Roraima, utilizando dados das temperaturas médias mensais e do grau-dia de resfriamento da cidade de Boa Vista.

3.2 PLANEJAMENTO DOS ESTUDOS DE CASO

Esta seção apresenta o planejamento dos casos (Etapa 1B) e as bases para planejamento dos casos estudados. A pesquisa envolve seis casos dos tipos (retrospectivos e longitudinais): CBV, FEG, UC 1, UC 2, UC 3 e GDPV. A descrição de cada objeto é exibida no Quadro 1.

Quadro 1 - Edificações e fonte de energia PV usadas como objeto de estudo

Objeto	Descrição
CBV	O <i>campus</i> Boa Vista (CBV) é um <i>campus</i> do Instituto Federal de Roraima (IFRR) pertencente à Rede Federal de Educação Tecnológica. A unidade foi edificada em um terreno com área total de 69.760,55 m ² , situado no bairro Pricumã, na cidade de Boa Vista. Em fevereiro de 2019, a instituição tem mais de uma dezena de edifícios com uma área total construída de 27.500 m ² . O <i>campus</i> possui uma única medição junto ao ponto de fornecimento e uma subestação com dois transformadores de 500 kVA com capacidade total de transformação é de 1.000 kVA. Enquadramento no subgrupo A4.
FEG	Segundo Filippo Filho (2016, p. 3) a FEG é um <i>campus</i> universitário da Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, pertencente à Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Cita que a unidade ocupa um terreno de 160.000 m ² , com mais de uma dezena de prédios, que em 2016, totalizam cerca de 27.000 m ² de área construída e uma única medição junto ao ponto de fornecimento. Cita ainda que no <i>campus</i> existem outras cinco estações transformadoras com capacidade total de transformação igual a 1.600 kVA. A instalação é enquadrada no subgrupo A4.
UC1	A UC 1 é uma residência edificada em um terreno de 600 m ² , localizado no bairro Pricumã, na capital Boa Vista, na Zona Bioclimática 8 (ZB 8), no ponto de coordenadas geográficas 2°48'37" N e 60°41'51" W, https://goo.gl/maps/EiyzkksAtu32 e elevação de 81,9 m. A UC 1 tem uma área construída de 142 m ² contendo: 1 varanda, 1 sala, 3 quartos, 1 suíte, 1 cozinha, 1 área de serviço, 1 banheiro e é habitada por dois moradores.
UC2	A UC 2 é uma residência edificada em um terreno de 600 m ² , localizado no bairro Caçari, na capital Boa Vista, na ZB 8, no ponto de coordenadas geográficas 2°51'43" N e 60°40'14" W, https://goo.gl/maps/iWBXzT6rRX12 e elevação de 76,9 m. A UC 2 tem uma área construída de 360 m ² contendo: 1 varanda, 1 sala, 3 quartos, 1 cozinha, 1 área de serviço, 1 banheiro coletivo e 2 suítes, piscina e é habitada por três moradores.
UC3	A UC 3 é uma residência edificada em um terreno de 480 m ² , localizado no bairro Paraviana, na cidade de Boa Vista, na ZB 8, no ponto de coordenadas geográficas 2°51'46" N e 60°39'53" W, https://goo.gl/maps/cT9Pzb4vQUt e elevação de 70,3 m. A UC 3 tem uma área construída de 120 m ² contendo: 1 varanda, 1 sala, 2 quartos, 1 cozinha, 1 área de serviço e 2 banheiros coletivos e é habitada por seis moradores.
GDPV	A GDPV do CBV é uma fonte de energia fotovoltaica distribuída com potência instalada de 66 kWp. A fonte está localizada no ponto de coordenadas geográficas 2°48'49" N e 60°41'38" W, e é a primeira subestação de energia fotovoltaica distribuída instalada em edifícios do poder público do Estado de Roraima registrada pela ANEEL no dia 23 de novembro de 2017 sob o código GD.RR.000.023.271. SRD da ANEEL disponível em: http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/gd_estadual_detalhe.asp?uf=RR .

Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2016).

Para Miguel (2012, p. 135) um dos primeiros procedimentos no planejamento de um estudo de caso é a escolha da quantidade (caso único) ou (múltiplos casos) e a determinação do seu tipo (retrospectivo ou longitudinal). Citam que o pesquisador deve fazer primeiramente, a escolha do tipo de caso. O estudo de caso do tipo retrospectivo investiga o passado coletando dados históricos, sendo mais difícil determinar relações de causa e efeito. O tipo longitudinal investiga o presente superando as limitações do tipo retrospectivo, entretanto pode trazer limitações de acesso aos dados e informações, podendo ocorrer grande consumo de tempo na pesquisa e o trabalho de investigação não ser conduzido necessariamente em tempo real.

Nesta pesquisa foram planejados quatro levantamentos (caso retrospectivo) e três medições (caso longitudinal). As atividades que envolvem casos do tipo retrospectivos são listados nos itens de 1 a 4 e os do tipo longitudinais são listados nos itens de 5 a 7. Para os casos CBV e UC 1 foram necessárias duas atividades distintas: medições de parâmetros elétricos e levantamento de cargas.

- 1) Levantamento do consumo de energia elétrica dos últimos 48 meses do CBV (período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017);
- 2) Levantamento de doze meses de consumo de energia em três residências localizadas na cidade de Boa Vista;
- 3) Levantamento de seis meses de produção e consumo de energia PV no CBV;
- 4) Levantamento das temperaturas médias das máximas e mínima mensais e média dos últimos 48 meses (período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017) da cidade de Boa Vista;
- 5) Medições elétricas em tempo real durante 144 horas no ponto de fornecimento em MT;
- 6) Medições elétricas em baixa tensão 127/220 V na GDPV do CBV;
- 7) Medições elétricas durante 96 horas contínuas no ponto de fornecimento em baixa tensão 127/220 V da UC 1 (residência) localizada no bairro Pricumã em Boa Vista.

3.3 TESTE PILOTO

Miguel (2007) entende que o teste piloto (Etapa 1 C) tem como objetivo verificar os procedimentos de aplicação da pesquisa com base no protocolo. A partir dessa aplicação, tem-se também condições de verificar a qualidade dos dados obtidos e identificar se estes estão associados aos constructos e, conseqüentemente, se contribuem ou não para o atendimento aos objetivos da pesquisa. O teste piloto desta pesquisa seguiu as seguintes etapas:

- Medição no ponto de fornecimento em MT do CBV;

- Medição no ponto de fornecimento em baixa tensão de uma residência;
- Medição no ponto de conexão, entre a fonte fotovoltaica e a rede local;
- Revisão da instalação do CBV e eventuais melhorias no protocolo de pesquisa; Verificação da qualidade dos dados coletados no período citado conforme prescrito na norma ABNT ISO 50.006: 2016 (Sistemas de Gestão de Energia). Essa norma trata da medição do DE, utilizando linha de base energética (LBE) e indicador de desempenho energético (IDE) e visa caracterizar e quantificar o DE da instalação no período especificado.

3.4 COLETA DOS DADOS

Este subitem trata da “coleta de dados” da pesquisa (Etapa 1 D) e envolve: caracterização e histórico do consumo de energia elétrica do CBV, medições contínuas no ponto de entrega do CBV durante um período típico (curva de carga), levantamento das cargas de iluminação interna e externa, levantamento das cargas de ar-condicionado, levantamento da produção de energia fotovoltaica, histórico de temperaturas e estudos em outras edificações residenciais, localizadas na capital Boa Vista e na cidade de Guaratinguetá.

A coleta de dados foi realizada após teste-piloto, conforme Miguel (2012, p. 138) e eventuais correções e melhorias no protocolo de pesquisa. Primeiramente, as empresas e pessoas físicas envolvidas foram contatadas (IFRR, EDRR, proprietários de três residências de Boa Vista) e em seguida um cronograma de coleta de dados foi estabelecido para evitar atrasos, principalmente, na coleta dos dados dos casos do tipo longitudinal.

Para o teste-piloto do CBV foi feito contato via Ofício endereçado à EDRR com antecedência de trinta dias, visto tratar-se de um estudo de caso do tipo longitudinal. Os dados coletados foram registrados em Planilha Excel, arquivos eletrônicos, fotografias, vídeos e papel feitos no momento em que os eventos ocorreram para evitar perda de informações importantes.

Os dados da geração fotovoltaica, referentes à produção e consumo de energia no CBV foram obtidos no site: <https://www.solarweb.com/>. O site apresenta em tempo real o balanço de energia (gerada e consumida), além de arquivamento diário dos dados.

Os dados da EDRR foram obtidos após medições no ponto de fornecimento do *campus*.

O histórico do consumo de energia do CBV e das residências foram obtidos por meio das faturas de energia das unidades consumidoras.

3.5 ANALISE DE DADOS

A análise dos dados da pesquisa (Etapa 1 E) foi feita a partir do conjunto de dados da FEG coletados por Filippo Filho (2016). Os dados coletados pelo autor, relacionados ao CBV e três residências, inclusive os dados secundários relacionados à caracterização dos objetos de estudo (CBV, GDPV e três residências alimentadas pelos conjuntos Floresta e Distrito, e SE Centro). Para isso foram consideradas as múltiplas fontes de evidência que para Miguel (2007) é uma espécie de narrativa geral do caso. Os dados coletados foram tratados e incluídos na análise somente o essencial e com estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa, ou seja, os dados foram reduzidos e codificados para melhor análise.

Para não negligenciar a definição dos meios na condução deste estudo de caso a análise foi previamente planejada e explicitada. Dados secundários também foram utilizados, como aqueles relacionados à caracterização do objeto de análise (por exemplo, uma residência). Outras anotações e impressões, bem como ideias sugeridas durante à análise dos dados, e *insights* também foram considerados.

Miguel (2012, p. 131) destacam que as abordagens metodológicas mais utilizadas na engenharia de produção e gestão de operações podem ser categorizadas em diversos tipos (experimento, *survey*, estudo de caso, pesquisa-ação), mas o estudo de caso é uma das abordagens mais frequentemente adotadas no Brasil. Esta pesquisa foi realizada por meio de estudo de caso do tipo retrospectivo e longitudinal e a análise dos dados de cada caso foi feita conforme as etapas de 1 a 3.

Etapa 1 – Produção de uma narrativa com a descrição detalhada do caso específico, conforme o tipo (retrospectivo ou longitudinal), considerando as múltiplas fontes de evidências.

Etapa 2 – Reduzir dados obtidos em cada levantamento e em cada teste-piloto, incluindo na escrita da análise, apenas as informações essenciais e com estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa. Identificar e codificar dados e informações relevantes para à análise adequada da pesquisa, marcando as partes da narrativa (palavras, frases ou mesmo parágrafos) com código que represente categorias previamente definidas, que correspondam a propriedades teóricas, desdobradas em dimensões associadas à pesquisa.

Etapa 3 – Construir painel demonstrativo de todo o conjunto de dados da pesquisa, um painel para cada caso, com o objetivo de realizar uma análise cruzada dos casos, identificando convergência e divergência entre as fontes de evidências. Esse painel permitirá que se tenha visão geral dos dados e, ao mesmo tempo detalhada, que permitirá extrair conclusões válidas do conjunto de dados do trabalho de pesquisa relacionado à modularidade.

3.6 RELATÓRIO DA PESQUISA

O relatório da pesquisa (Etapa 1 F) foi desenhado por meio da síntese do conjunto de atividades das etapas listadas no Quadro 2. Os resultados e as evidências dos casos foram estreitamente relacionados à teoria conforme descrito por Miguel (2012, p. 142) para prover a estrutura de replicação. Todo conjunto de atividades das etapas anteriores foi sintetizado neste relatório para confiabilidade e validade do estudo, pois são critérios para julgar a qualidade da pesquisa. Por fim, os resultados e as evidências foram associados à teoria existente.

Quadro 2 - Painel demonstrativo do conjunto de dados da pesquisa

Fontes de Evidências	MODULARIDADE DOS CASOS RETROSPECTIVOS
<i>GAPS</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Análise Documental • Pesquisa Bibliográfica • Estado de Arte
<i>FEATURES</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Caracterização dos objetos de estudo
<i>NOTRTQC</i>	<ul style="list-style-type: none"> • PODIST – Módulo 8 RTQ-C do INMETRO
<i>LOWEE</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento de cargas do CBV • Levantamento de cargas em três residências de Boa Vista • Curva de Carga da FEG
<i>PAYBACK</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Levantamento da viabilidade econômica da GDPV
<i>LOWQENERGY</i>	CASO LONGITUDINAL
	<ul style="list-style-type: none"> • Revisão Elétrica do CBV • Medições elétricas MT e BT no CBV
<i>HIGHVIABILITY</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Projeto-piloto PV do CBV
<i>LOWQENERGYUC</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Medições elétricas em uma residência localizada em Boa Vista
<i>HIGHEEPV</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Medições elétricas na GDPV

Fonte: Adaptado de Miguel (2007).

4 CARACTERIZAÇÃO DO ESTADO DE RORAIMA E CAPITAL

Segundo a SUDAM (2014, p. 82 - 90) o Estado de Roraima, de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para o ano de 2010 possuía uma população de 450.479 habitantes distribuída em uma área de 224.300,51 km² nos seus 15 municípios. Possui 1,77% da população regional e 4,42% da área total da Amazônia, o que lhe dá uma densidade demográfica de 2,01 hab./km², entretanto inferior à média regional de 5 hab./km². Atualmente é considerado por meio do Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) um Estado de médio desenvolvimento (0,75). Em termos de área territorial supera os Estados do Amapá e do Acre. Porém em termos populacionais é a menor população, com 450.479 habitantes da Região. Faz fronteira com países sul-americanos, sendo a Venezuela ao norte e noroeste e a Guiana a leste. No Brasil, faz limite com o Amazonas ao sul e oeste; e Pará ao sudeste. Roraima é o Estado mais setentrional do país, cortado pela linha do Equador e encravado entre dois países, Venezuela e Guiana, tendo uma localização estratégica: de frente para os mercados do Caribe e da Américas Central e do Norte. SUDAM (2014) apresentam a capital Boa Vista, conforme o último Censo (2010) com uma população de 284.313 habitantes, o município mais populoso do Estado de Roraima. Concentrando cerca de dois terços dos roraimenses, situa-se na margem direita do rio Branco. Sede da região Metropolitana de Boa Vista, a única capital dos estados brasileiros localizada totalmente ao norte da linha do Equador. No ano de 2010 o PIB do Estado de Roraima foi estimado em R\$ 6,3 bilhões, o que representou 2,07% do PIB da Amazônia Legal e 0,17% do PIB nacional. Em termos setoriais a agropecuária respondeu por 4,7% do PIB estadual, a indústria por 13% e o setor de serviços por 82,2%. Já em termos da análise do PIB per capita, estimado para o ano de 2012 em R\$ 14.051,91, colocando Roraima na quarta posição dos estados da Região.

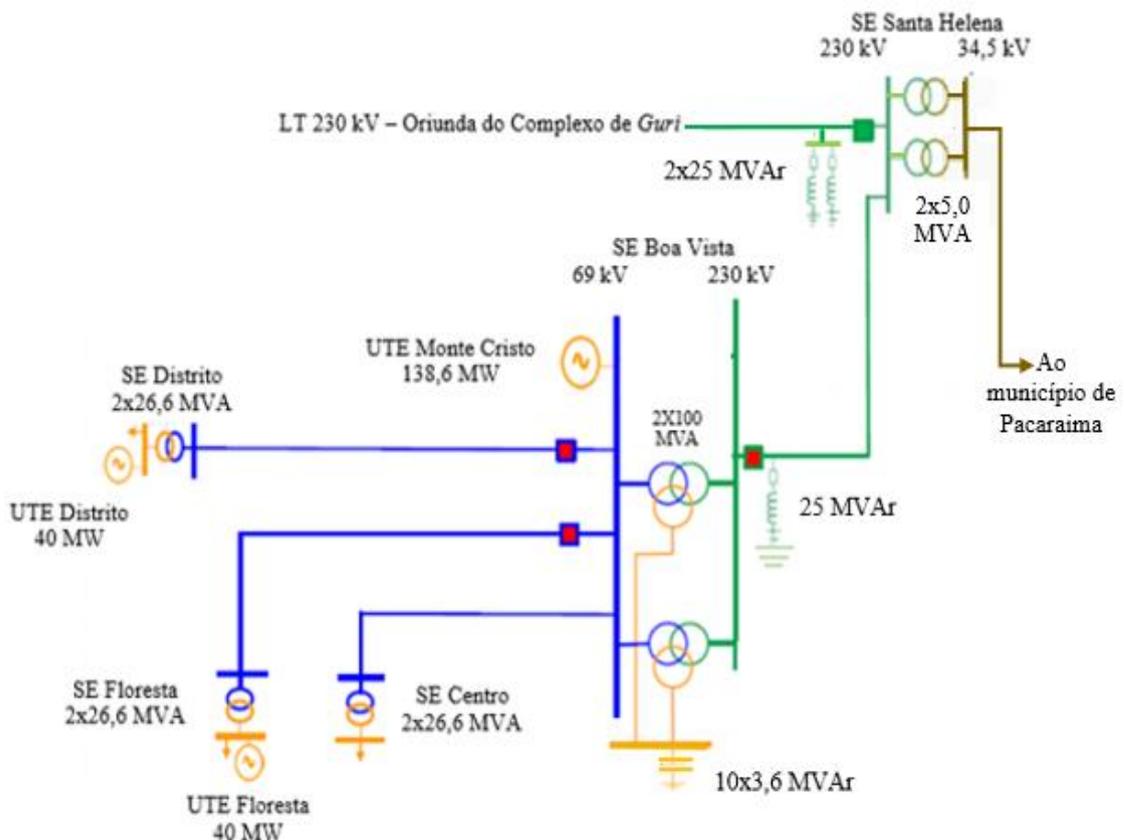
4.1 CONDIÇÕES GERAIS DE SUPRIMENTO E FORNECIMENTO

No panorama 2018, Roraima tem uma pequena central hidroelétrica (PCH) denominada “Jatapu”, com 10 MW de potência instalada, localizada no município de Caroebe, a 352,1 km de Boa Vista e abastece as cidades de Caroebe, São João da Baliza e São Luiz. Além da PCH Jatapu, o Estado tem um pequeno parque térmico formado por usinas termoelétricas movidas a óleo diesel, as quatro principais são: usina termoelétrica (UTE) Monte Cristo (125,1 MW), UTE Floresta (40 MW), UTE Distrito (40 MW), situadas em Boa Vista e UTE Novo Paraíso (12 MW) localizada no interior. A UTE Monte Cristo foi implantada para suprir a capital Boa Vista

durante uma eventual falha no fornecimento de energia do complexo hidroelétrico de *Guri* e iniciou suas operações em meados de 2015, com uma potência instalada de 107 MW (34 grupos geradores). Essa usina teve sua capacidade de geração aumentada para 138,6 MW de potência instalada, em meados de 2017, passando de 34 para 44 grupos geradores Caterpillar do tipo C 157-20 (com motores ciclo diesel de 4.000 HP e geradores síncronos de 3,150 MW).

O suprimento de energia elétrica do estado de Roraima em 2018 “é realizado [...] por meio de geração térmica a diesel e pela importação de energia da Venezuela (MME, 2018), cujo contrato de fornecimento se encerra em 2021”. Essa interligação foi concebida com LT em circuito simples, contendo um trecho em 400 kV e outro em 230 kV. O trecho em 400 kV situa-se no território venezuelano indo de *Macáguá* até *Las Claritas* com extensão de 295 km. Na subestação (SE) *Las Claritas* ocorre o abaixamento de tensão de 400/230 kV. Do setor de 230 kV parte uma LT até a SE Santa Helena com extensão de 215 km. A interligação entre Santa Helena de *Uairén* e Boa Vista tem 211 km de extensão. A SE Boa Vista tem dois transformadores de 100 MW, onde ocorre o abaixamento de tensão de 230/69 kV, conforme exposto na Figura 2.

Figura 2 - Configuração do sistema elétrico de Boa Vista



Fonte: MME (2018).

A capital Boa Vista tem um sistema de distribuição com 3 alimentadores de AT em nível de 69 kV representados com linhas azuis no diagrama da Figura 2. Esses alimentadores partem da SE Boa Vista para às SE Floresta, Centro e Distrito Industrial. Além dos alimentadores de AT, Boa Vista tem 21 alimentadores de MT em nível de 13,8 kV que alimentam os bairros. O município de Pacaraima tem um alimentador de 34,5 kV representado com linha marrom, oriundo da SE Santa Helena, na Venezuela. Alimentadores são circuitos que transportam energia para um sistema ou equipamento elétrico, para uma rede de distribuição que alimenta diretamente ou por intermédio de seus ramais, os primários dos transformadores de distribuição do concessionário e/ou de consumidores. Esses alimentadores abastecem 116.417 UC só na capital Boa Vista.

Roraima possui em 2018 uma capacidade instalada de 268.399 kW de potência nominal, equivalente a 0,2 % da capacidade instalada no Brasil, conforme a Tabela 3.

Tabela 3 - Capacidade de Geração Instalada no Estado de Roraima em 2018

Capacidade instalada no Estado de Roraima (capital e interior)			
Tipo	Local	Potência Instalada	%
PCH	Caroebe	10.000	3,7
UTE	Boa Vista	205.100	76,4
UTE	Novo Paraíso	12.000	4,5
UTE	Outros	41.299	15,4
Total	-	268.399	100

Fonte: MME (2018).

O Anuário Estatístico de Energia Elétrica de 2017 (AEEE, 2017, p. 56), ano base de 2016, publicado pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE, 2017) revela que a capacidade de geração instalada no Estado de Roraima em 2016 alcançou um montante de 257 MW. A capacidade de geração instalada em 2017 aumentou para 268 MW (EPE, 2018), que corresponde a 0,2% da capacidade instalada no Brasil (AEEE, 2018, p. 55). Portanto, no período de 2016 a 2017, ocorreu um crescimento de apenas 4,1% da capacidade de geração instalada no Estado.

No período de 2012 a 2016, a produção de energia elétrica em Roraima dada em GWh oriunda das termoelétricas oscilou para cima e para baixo (EPE, 2017, p. 60). Por exemplo, a produção de energia em 2012 alcançou um montante de 128 GWh, em 2013, a energia gerada aumentou para 169 GWh, em 2014, a produção de energia das usinas termoelétricas continuou aumentando e atingiu um montante de 245 GWh, em 2015, a produção de energia diminuiu para 194 GWh e em 2016 foi de 156 GWh (AEEE, 2017, ano base 2016, p. 60). As termoelétricas de Roraima produziram em 2017, um montante de 120 GWh. (AEEE, 2018, p. 59).

Considerando a energia gerada pelas termoelétricas de Roraima e a energia requerida pelo sistema elétrico do Estado, pode-se calcular o montante de energia importada da Venezuela, para isso, bastando subtrair a energia solicitada da energia produzida. No ano de 2012, por exemplo, a energia produzida em Roraima foi de 128 GWh e a energia requerida pelo sistema atingiu um montante de 662 GWh, então, em 2012, o total de energia elétrica importada através da interligação Brasil-Venezuela alcançou 534 GWh.

A Tabela 4 apresenta o montante de energia elétrica em GWh requerida, produzida e importada pelo Estado de Roraima, no período de 2012 a 2017, além do percentual (%) de energia importada da Venezuela em cada ano analisado.

Tabela 4 - Energia requerida, produzida e importada pelo Estado de Roraima

ENERGIA REQUERIDA, PRODUZIDA E IMPORTADA PELO O ESTADO DE RORAIMA				
ANO	Energia Requerida (GWh)	Energia Produzida (GWh)	Energia Importada (GWh)	Energia Importada (%)
2012	662	128	534	81
2013	705	169	536	76
2014	802	245	557	69
2015	883	194	689	78
2016	915	156	759	83
2017	918	120	798	87

Fonte: EPE (2018).

A EDRR (2017, p. 17) apresenta dados da interligação Brasil-Venezuela e revela que essa interligação ao Estado de Roraima deu-se em junho de 2001, quando a demanda suprida era de 60 MW. O crescimento gradual da demanda aliada às características peculiares do sistema de transmissão venezuelano face a precariedade cada vez mais acentuada da energia suprida, oriunda do complexo de *Guri*, na Venezuela, colocou em risco a segurança do sistema elétrico do Estado, em 2009. A grande distância entre a fonte geradora aliado ao fato da ocorrência de estiagem naquele país, que reduziu em 70% a capacidade de geração, levando à Venezuela ao racionamento de energia, foram os fatores determinantes para a precariedade do fornecimento em Roraima. Para complementar a importação de energia e potência da Venezuela e evitar o racionamento em Roraima, em 2010, foram instaladas, em Boa Vista, duas termelétricas com capacidade de 60MW. No último semestre de 2013, a interligação Brasil-Venezuela passou a apresentar problemas mais graves, onde após estudo constatou-se que a interligação possuía à época um limite de importação de apenas 95 MW e mais uma vez foi necessário fazer a complementação do suprimento através de geração termelétrica para atender a carga excedente.

Essa complementação de suprimento foi autorizada por meio da Portaria 006 de 2014 do Ministério das Minas e Energia (MME)- MME (2014), que aprovou a contratação emergencial de 129,1 MW de geração termelétrica adicionais, que somados aos 60 MW existentes alcançou, em 2015, um montante de 189,1 MW. Paralelamente a essa contratação foi autorizado pela ANEEL a antecipação da instalação do compensador estático de 35 MW na subestação de 230 kV da Eletronorte (atual SE Boa Vista), projetada para a interligação ao SIN, o que possibilitou que no intercâmbio com a Venezuela fosse acrescido mais 35 MW, passando para um total de 130 MW.

O suprimento de energia elétrica em Roraima é um caso único no Brasil e até o Conselho de Defesa Nacional foi convocado em 27 de fevereiro de 2019 para discutir a situação energética do Estado. Segundo Nascimento e Brandão (2019) o conselho reúne, entre outras autoridades, o presidente da República, os presidentes da Câmara dos Deputados e do Senado, ministros de Estado e os comandantes das Forças Armadas (Exército, Marinha e Aeronáutica). Citam que de acordo com o porta-voz da Presidência da República, Otávio do Rego Barros, o governo decidiu que o problema de abastecimento de energia elétrica de Roraima através da linha de transmissão Manaus-Boa Vista e um empreendimento de interesse da política de defesa nacional.

4.2 PERFIL DO CONSUMO DE ENERGIA EM RORAIMA

Segundo o EPE (2017) o consumo total de energia elétrica em Roraima atingiu um montante de 915 GWh, em 2016, equivalente a 0,2% do consumo brasileiro que foi igual a 460.829 GW, o rateio dessa energia consumida entre 2012 e 2016 é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 - Rateio do consumo dos setores em GWh entre os anos de 2012 e 2016

Setor	Rateio nos Diversos Setores Consumidores de Roraima						
	2012 (GWh)	2013 (GWh)	2014 (GWh)	2015 (GWh)	2016 (GWh)	(2016/2015) Variação%	(2016) Part. %
Residencial	329	357	416	456	471	3,5	51,5
Industrial	19	18	20	22	26	16	2,8
Comercial	148	156	175	201	203	1,3	22,2
Rural	24	29	34	34	37	9,5	4,0
P. Público	87	89	95	100	99	-1,4	10,8
Ilum. Pública	30	31	35	38	48	26,0	5,3
Serv. Público	21	22	24	29	27	-4,4	3,0
Cons. Pró-	3	3	3	3	3	-0,9	0,4

Fonte: EPE (2018).

Parte significativa do uso de energia em Roraima é dedicada principalmente ao consumo em edificações residenciais, seguidos por prédios comerciais e edifícios públicos que tem um consumo fortemente concentrado em iluminação, ar-condicionado e refrigeração. Os setores consumidores que mais cresceram em Roraima no ano de 2016 são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 - Número de consumidores por setor do Estado de Roraima

Setores	NÚMERO DE CONSUMIDORES POR SETOR CONSUMIDOR						
	2012 Total UC	2013 Total UC	2014 Total UC	2015 Total UC	2016 Total UC	(2016/2015) Variação %	Part.(2016) %
Residencial	102.677	107.855	114.512	118.832	124.680	4,9	80
Industrial	490	473	464	483	467	-3,3	0,3
Comercial	11.028	11.134	11.532	11.763	12.054	2,5	7,7
Rural	12.607	13.449	14.612	15.877	16.344	2,9	10,5
P. Público	1.734	1.806	1.871	1.920	1.884	-1,9	1,2
Ilum. Pública	90	118	137	134	144	7,5	0,1
Serv. Público	176	181	205	204	211	3,4	0,1
Cons. Próprio	100	66	63	62	63	1,6	0,1

Fonte: EPE (2017).

No rateio do consumo dos setores consumidores do Estado de Roraima, em 2016, o setor residencial grafado em vermelho, alcançou o maior crescimento (4,9%) e participação de 80%. A iluminação pública teve fraca participação (apenas 0,1%) e crescimento de 7,5%. O serviço público cresceu 3,4%, com 0,1% de participação. O setor comercial cresceu 2,5% com 7,7% de participação. O consumo próprio cresceu 1,6% com 0,1% de participação. O poder público reduziu 1,9% com uma participação de 1,2%. O setor industrial foi o que sofreu maior redução de 3,3%, além de ter uma participação de apenas 0,3% no cômputo do rateio.

A Tabela 7 apresenta o consumo médio residencial em kWh/mês por região e UF brasileiras, no período de 2012 a 2016. Chama a atenção o excessivo consumo médio residencial de energia elétrica no setor residencial de Roraima (marcado com linha vermelha), que no período analisado foi o maior do Brasil, atingindo um valor de 315 kWh/mês. Observa-se que em 2016, por exemplo, o consumo médio residencial no Estado de Roraima excede em 34,4% o consumo médio residencial do Distrito Federal (DF), destacado com linha amarela, supera também em 36% o consumo médio residencial do Estado de Santa Catarina delimitado com linha laranja, o consumo médio residencial de Roraima é 39,3% maior que o consumo médio residencial do Estado de São Paulo balizado com linha verde e supera em 54,4% o consumo médio residencial do Estado do Rio Grande do Norte grafado com linha preta.

Tabela 7 - Consumo médio residencial por região e UF (kWh/mês)

Consumo médio residencial por região e UF (kWh/mês).						
	Ano 2012	Ano 2013	Ano 2014	Ano 2015	Ano 2016	Δ%
	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(2016/2015)
Brasil	158,9	163,0	167,2	161,5	159,8	-1,0
Norte	160,5	167,1	179,4	183,5	183,1	-0,2
Rondônia	225,9	224,7	232,2	231,7	218,5	-5,7
Acre	173,5	171,5	176,9	185,8	184,9	-0,5
Amazonas	197,3	211,6	228,4	237,3	217,6	-8,3
Roraima	267,3	275,9	302,4	319,5	315,0	-1,4
Pará	122,1	126,3	141,7	143,9	148,9	3,5
Amapá	243,0	258,0	263,6	271,9	292,0	7,4
Tocantins	128,2	140,6	145,2	150,7	165,7	9,9
Nordeste	108,9	117,8	121	120,8	121,3	0,4
Maranhão	103,9	112,8	118,8	120,8	123,7	2,4
Piauí	107,0	114,4	117,1	127,5	125,8	-1,3
Ceará	115,4	124,2	129,4	125,6	130,8	4,2
Rio Grande do Norte	131,3	139,8	143,5	142,9	143,6	0,5
Paraíba	104,0	112,0	115,5	114,8	115,2	0,3
Pernambuco	118,0	129,9	131,2	130,0	127,4	-2,0
Alagoas	104,8	113,4	116,9	114,9	105,9	-7,8
Sergipe	108,6	114,5	115,9	115,8	115,4	-0,4
Bahia	99,4	107,5	110,0	109,7	111,2	1,3
Sudeste	179,8	181,1	183,1	174,5	171,3	-1,8
São Paulo	208,5	208,3	206,6	194,7	191,3	-1,8
Minas Gerais	122,5	126,3	129,5	125,5	123,8	-1,4
Espírito Santo	157,7	162,6	167,4	163,7	159,2	-2,7
Rio de Janeiro	173,3	175,1	185,4	178,7	175,1	-2,0
Sul	178,5	181,6	190,3	177,4	177,1	-0,1
Paraná	168,0	169,8	172,9	161,0	157,1	-2,4
Santa Catarina	199,1	201,8	212,9	200,2	201,7	0,7
Rio Grande do Sul	176,7	181,3	194,1	180,0	182,1	1,2
Centro-Oeste	168,7	173,7	180,0	176,9	175,1	-1,0
Mato Grosso do Sul	160,8	168,5	180,7	177,3	173,6	-2,1
Mato Grosso	182,0	194,6	204,9	211,5	206,1	-2,5
Goiás	147,3	148,9	152,9	148,5	150,7	1,5
Distrito Federal	218,5	221,5	223,9	214,2	206,5	-3,6

Fonte: EPE (2018).

4.3 PERDAS NO SISTEMA ELÉTRICO DE RORAIMA

A EDRR (2017, p. 32) define perda de energia elétrica como a diferença entre o montante de energia que a Eletrobras Distribuição Roraima compra da Eletrobras Eletronorte (energia requerida), acrescida da parcela gerada pelas usinas termoeletricas (energia requerida gerada) e o total de energia vendida (consumo interno + mercado próprio + suprimento) para os consumidores, calculando-se a média dessa equação nos últimos doze meses.

A energia injetada (EI) na rede elétrica de Roraima (energia requerida + energia requerida gerada), a perda total (PTotal), a perda técnica (PTéc) e não técnica (PNTéc) são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 - Perdas na rede elétrica de Roraima – Período: 2008 a 2017

PERDA TOTAL NO SISTEMA ELÉTRICO DE RORAIMA - Período: 2008 a 2017						
Ano	EI (GWh)	PTotal (%)	PTotal (GWh)	PTotal prevista (%)	PTotal prevista (GWh)	PTotal regulatória (%)
2012	662	31,00	205,22	29,45	194,96	19,68
2013	705	30,69	216,36	25,23	177,87	20,69
2014	802	29,81	239,08	20,85	167,22	20,60
2015	883	31,87	281,41			20,15
2016	915	33,62	307,62			19,74
2017	918	Até set.	Até set. 299,91			22,56
Total	4.885		1.549,6			

Fonte: EDRR (2017).

A PTotal na rede elétrica do Estado de Roraima no ano de 2017 exibido na Tabela 8 e grafada com linha vermelha, já havia alcançado 32,67% da energia injetada na rede local, no mês de setembro, correspondente a 299,91 GWh. Esse resultado demonstra que em setembro de 2017, a PTotal já havia ultrapassado a margem regulatória para o ano de 2017, em mais de 10%. Segundo a EDRR (2017, p. 34) a PTotal do sistema de Roraima, em média móvel, no período de janeiro a dezembro de 2017, alcançou um percentual médio de 12,62%. A EPE (2018, p. 69, nota de rodapé) define perdas como aquelas que englobam as chamadas “perdas técnicas nas redes de transmissão e distribuição e as denominadas perdas não técnicas, que consideram ligações irregulares/clandestinas, erros de medição, erros no processo de faturamento, unidades consumidoras sem equipamento de medição, efeito calendário, [...]”.

4.4 QUALIDADE DO SERVIÇO SEGUNDO A ANEEL

Qualidade dos serviços segundo SRD (2018) da ANEEL compreende a avaliação das interrupções no fornecimento de energia, destacando-se os indicadores de continuidade coletivos: DEC (duração equivalente de interrupção por unidade consumidora), equivalentes as interrupções de fato calculadas para mais de três minutos e FEC (frequência equivalente de interrupção por unidade consumidora). Além dos indicadores supra citados, os indicadores de continuidade individuais: DIC (duração de interrupção individual por unidade consumidora); FIC (frequência de interrupção individual por unidade consumidora); DMIC (duração máxima de

interrupção contínua por unidade consumidora ou ponto de conexão) e DICRI (duração da interrupção individual ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão) são regulados pela ANEEL, por meio do Módulo 8 do PRODIST (Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica).

Para manter a qualidade na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica, a ANEEL exige que as concessionárias mantenham um padrão de continuidade. Os limites para os indicadores coletivos de continuidade DEC e FEC são definidos pela Agência e publicados por meio do Módulo 8 do PRODIST. O processo de coleta e apuração desses indicadores devem estar em conformidade com as normas da Organização Internacional para Normalização (*International Organization for Standardization*) ISO 9000. Na apuração dos dados de 2017, por exemplo, a FORCEL foi considerada como última no grupo das pequenas empresas de distribuição de energia, por não atualizar a certificação desse processo junto à ANEEL por mais de três anos.

Outro ponto importante se refere as distribuidoras de energia, tal como à EDRR, que suprem cargas localizadas em sistemas elétricos isolados (não conectados ao SIN). Para essas distribuidoras há critério diferenciado de definição de limites dos indicadores DEC e FEC, face as particularidades relacionadas ao difícil acesso e a dispersão dos consumidores, conforme metodologia estabelecida pela ANEEL. Os limites do DEC e FEC a serem observados pelas distribuidoras estão definidos em resolução específica da Agência e podem ser encontrados no site da ANEEL no endereço: www.aneel.gov.br.

Os indicadores individuais de continuidade, DIC, FIC, DMIC e DICRI, que apuram a qualidade do serviço em cada unidade consumidora (UC) são definidos pela ANEEL. O DIC representa o intervalo de tempo em hora no período de apuração em cada UC ou ponto de conexão, onde ocorreu descontinuidade da distribuição de energia elétrica. O FIC representa o número de interrupções ocorridas no período de apuração em cada UC ou ponto de conexão. O DMIC representa o tempo máximo de interrupção contínua de energia elétrica em hora, em uma UC ou ponto de conexão. O DICRI corresponde a duração de cada interrupção ocorrida em dia crítico, com intervalo de tempo em hora, para cada UC ou ponto de conexão.

As informações relacionadas aos indicadores de continuidade individual do conjunto ao qual pertence uma UC está disponível na fatura de energia e é regulado pelo Módulo 8 do PRODIST. Quando os indicadores individuais de continuidade são transgredidos, a distribuidora deve compensar financeiramente o consumidor. Essa compensação é automática e deve ser paga em até 2 meses após o mês de apuração do indicador.

4.4.1 DEC e FEC dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito - Boa Vista

A Tabela 9 apresenta a duração equivalente de interrupção por UC (DEC) e a frequência equivalente de interrupção por UC (FEC) apurados no período de fevereiro de 2018 a janeiro de 2019, nos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito Industrial, situados na capital Boa Vista. Além dos valores do DEC e FEC apurados, os limites desses indicadores definidos pela ANEEL são expostos nas colunas 5 e 7. O número de consumidores de cada Conjunto é exibido na coluna 3 e o código referente a cada Unidade é apresentado na coluna 2.

Tabela 9 - DEC e FEC dos Conj. FLORESTA/CENTRO/DISTRITO – Boa Vista

Indicadores de Continuidade Coletivos por Conjunto – Período de apuração: fev. 2018 a jan. 2019						
Boa Vista - Ano: 2018						
Conjunto	(Código)	(Número de UC)	DEC apurado (horas)	DEC limite (horas)	FEC apurado (Interrupções)	FEC limite (Interrupções)
CENTRO	12727	23.063	34,03	18,00	101,29	47,00
DISTRITO	12731	38.453	59,15	32,00	118,07	57,00
FLORESTA	12729	58.061	46,62	33,00	109,76	56,00
Total		119.577				

Fonte: SRD (2018).

Os dados apresentados na Tabela 9 revelam que em janeiro de 2019, o Conjunto FLORESTA tem 58.061 UC, dentre estas, O IFRR, *campus* Boa Vista. No período de fevereiro de 2018 a janeiro 2019 (1 ano). O DEC do Conjunto transgrediu o limite de 33,00 horas, definido pela ANEEL, em 13,62 horas, e o FEC transgrediu o limite de 56 interrupções definidos pela Agência, em 53,76 interrupções. A falta de continuidade do fornecimento de energia, deve-se principalmente, ao intercâmbio de energia elétrica Brasil-Venezuela.

4.4.2 DIC/FIC/DMIC/DCRI dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito

A Tabela 10 apresenta os indicadores individuais de continuidade DIC, FIC, DMIC e DCRI dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito Industrial, localizados na capital Boa Vista, obtidos no ano de 2017. Nas colunas 2 e 3 são exibidos os valores apurados e limites da duração de interrupção individual por unidade consumidora (DIC) dada em horas. Nas colunas 4 e 5 são apresentados os valores apurados e limite do número de interrupções ocorridas, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão (FIC), cuja a unidade é dada em número de interrupções. Na 6ª coluna são expostos os valores limitados e apurados do tempo

máxima de interrupção contínua de energia elétrica por unidade consumidora ou ponto de conexão (DMIC) dado em horas. E na 7ª coluna são apresentados os valores correspondente a duração de cada interrupção ocorrida em dia crítico por unidade consumidora ou ponto de conexão (DICRI) dado em horas. Segundo SRD (2018) esses indicadores individuais por município são apresentados por subdivisões das distribuidoras, denominadas “conjuntos elétricos”, que podem ter abrangência variada. Ainda segundo a ANEEL “informações referentes aos indicadores de continuidade estão disponíveis na fatura de energia elétrica. Informações adicionais devem ser obtidas com a distribuidora.”.

Tabela 10 - DIC/FIC/DMIC/DICRI dos Conjuntos Floresta, Centro e Distrito

Indicadores de Continuidade por Conjunto						
Boa Vista - Ano: 2017						
Conjunto	DIC apurado (horas)	DIC limite (horas)	FIC apurado (Nº interrupções)	FIC limite (Nº Interrupções)	DMIC apur./limite (horas)	DICRI (horas)
CENTRO	22,21	22,21	14,20	14,20	3,20/3,20	12,22
DISTRITO	24,00	21,73	15,00	14,45	3,20/3,11	12,22
FLORESTA	16,91	22,21	12,74	14,70	2,71/3,20	12,22
Total						

Fonte: SRD (2018).

Segundo SRD (2018) publicou no endereço <<http://www.aneel.gov.br/qualidade-do-servico2>>, esses “indicadores são apurados para as interrupções maiores que 3 minutos, sendo admitidos alguns expurgos na sua apuração.”. Observa-se na Tabela 10 que as informações apresentadas pela distribuidora de energia local, relativas aos indicadores individuais de continuidade DIC, FIC e DMIC parecem inconsistentes. O DIC, o FIC e o DMIC apurados e limitados do Conjunto CENTRO, por exemplo, têm o mesmo valor. A probabilidade de ocorrer essa coincidência é praticamente nula.

4.4.3 Qualidade da energia

A qualidade da energia elétrica (QEE) no Brasil tem aspectos que são regulados pela ANEEL e outros não. A QEE depende não só da energia fornecida pela geração, transmissão e distribuição, mas também pela sua utilização. A eletrônica de potência embarcada nas cargas conectadas às instalações elétricas de cada unidade consumidora, também causa distúrbios. Os principais distúrbios provocados pela QEE na forma de onda da tensão de alimentação em um

sistema elétrico de potência são: harmônicos de tensão e corrente, afundamento de tensão, componente contínua, variação de frequência e outros.

Os harmônicos de sequência positiva, incluindo o fundamental (60 Hz, 420 Hz, 780 Hz, 1140, ...) produzem no estator do motor de indução trifásico um campo girante com rotação no sentido horário. Os harmônicos de sequência negativa (300 Hz, 660 Hz, 1020 Hz, ...), ao contrário, produzem um campo que gira no sentido anti-horário e tende a cancelar o campo produzido pela frequência fundamental (60 Hz), este efeito pode provocar a queima de motores de indução trifásicos e aumentar o consumo de energia, além de provocar o desligamento de disjuntores e aquecimento dos condutores elétricos. Os harmônicos de sequência zero não giram, ao invés disso, estes se somam no neutro em sistemas trifásicos à quatro fios, grande parcela das correntes oriundas de harmônicos encontradas no condutor neutro é devido aos harmônicos de ordem 3, 9, 15, 21, ..., principalmente o terceiro harmônico (180 Hz), conforme a Tabela 11.

Tabela 11 – Classificação, ordem e sequência dos harmônicos de rede

Ordem	CLASSIFICAÇÃO, ORDEM E SEQUÊNCIA DOS HARMÔNICO DE REDE											
	Fundamental	3ª	5ª	7ª	9ª	11ª	13	15ª	17ª	19ª	21ª	...
Frequência (Hz)	60	180	300	420	540	660	780	900	1020	1140	1260	
Sequência	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	

Fonte: Autor (2018).

4.5 QUALIDADE DO PRODUTO SEGUNDO A ANEEL

Segundo a ANEEL a qualidade do produto se refere à conformidade de tensão em regime permanente e as perturbações na forma de onda de tensão. Destacam-se nesse quesito os indicadores coletivos DRPE (duração relativa da transgressão de tensão precária equivalente) e DRCE (duração relativa da transgressão de tensão crítica equivalente) obtidos a partir da campanha de medição amostral instituída pela Agência.

Os indicadores de tensão em regime permanente são apurados trimestralmente, a partir de medições amostrais realizadas pelas distribuidoras em unidades consumidoras sorteadas dentro de sua área de concessão ou permissão. Para unidade consumidora, a tensão é medida ao longo de uma semana, e são apurados os indicadores DRP (duração relativa da transgressão de tensão precária) e DRC (duração relativa da transgressão de tensão crítica), que expressam o percentual do tempo no qual a unidade permaneceu com tensão precária e com tensão crítica. A ANEEL estabelece por meio do Módulo 8 do PRODIST, o limite de 3% para o DRP e 0,5%

para o DRC. Quando esses limites são transgredidos, a distribuidora deve regularizar o atendimento e compensar financeiramente o consumidor. Essa compensação é automática, devendo ser paga até que a distribuidora regularize a tensão fornecida ao consumidor.

4.5.1 Indicadores DRPE e DRCE – Conjunto Floresta/BV

A Tabela 12 apresenta os indicadores DRCE e DRPE do Conjunto FLORESTA responsável por alimentar a terça parte da capital Boa Vista. Esses indicadores foram obtidos após determinação da média dos indicadores individuais DRP e DRC das unidades consumidoras selecionadas. Observa-se que em 2018 ocorreu uma anomalia desses indicadores, o DRPE (destacado com linha vermelha) superou o limite definido pela ANEEL em 2,14%. O DRCE (também marcado com linha vermelha) superou em mais de dez vezes o limite, provavelmente devido, à falta de conformidade da energia importada da Venezuela.

Tabela 12 - Indicadores coletivos DRCE E DRPE – Conj. FLORESTA/BV

INDICADORES DE CONFORMIDADE DO NÍVEL DE TENSÃO EM REGIME PERMANENTE									
Indicadores	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
DRCE	0,10	0,42	0,23	0,09	0,07	0,75	0,06	0,25	5,01
DRPE	4,08	1,34	3,40	3,96	3,21	3,82	2,81	2,34	5,14

Fonte: SRD (2018).

4.6 AVALIAÇÃO DA EDRR REALIZADA PELA ANEEL

A ANEEL avaliou todas as concessionárias do país no período de janeiro a dezembro de 2017, divididas em dois grupos: 33 concessionárias de grande porte, com número de UCs maior que 400 mil e 25 concessionárias de menor porte, com o número de UCs menor ou igual a 400 mil. Das empresas com mais de 400 mil consumidores, à Energisa Minas Gerais (EMG) ficou em primeiro lugar, seguida da Companhia Energética do Maranhão (CEMAR) que alcançou o segundo lugar. Das distribuidoras com até 400 mil consumidores, à Energisa Borborema (EBO, PB) obteve o primeiro lugar, à Empresa Força e Luz João Cesar (EFLJC, SC) ficou em segundo lugar.

De acordo com a Nota Técnica nº 0023/2017-SRD/ANEEL (2017b) que apresenta o resultado da apuração do Desempenho Global de Continuidade do ano de 2016 (Ranking), a Boa Vista Energia ocupa a 29ª posição no ranking das distribuidoras com menos de 400.000 UC.

5 COLETA DE DADOS ELETROENERGÉTICOS

A coleta de dados é a ação de investigação criteriosa sobre um conjunto de informações, com o objetivo de reunir documentos comprobatórios sobre determinadas evidências, busca informações sobre um determinado tópico ou conjunto de temas correlatos para agrupá-los, visando facilitar uma análise posterior mais aprofundada sobre a problemática. Os dados coletados nesta pesquisa relacionam-se à caracterização dos objetos de estudo: CBV apresentado na foto da Figura 3.

Figura 3 - Foto aérea das instalações do IFRR - campus Boa Vista



Fonte: GOOGLE MAPS (2017).

A unidade usa uma potência próxima de 500 kW consumida pela iluminação externa e interna, ar-condicionado e outras cargas. Segundo a Plataforma Nilo Peçanha, em outubro de 2018, a instituição ofertava 47 cursos e atendia aproximadamente 2.645 alunos em três turnos (matutino, vespertino e noturno) com regime letivo semestral e anual com 200 dias, conforme a Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 (Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira).

Além dos dados relacionados ao CBV, coletou-se dados de três residências localizadas na cidade de Boa Vista (UC 1, UC 2 e UC 3), uma fonte de energia fotovoltaica interligada à rede instalada no *campus* e dados específicos de uma residência localizada na cidade de Guaringuetá-SP (UC 4). Além da caracterização desses objetos de estudo foram coletados dados

eletroenergéticos levantados e medidos referentes ao CBV, tais como: condições gerais de fornecimento, histórico de consumo e demanda de energia, fator de potência, gráficos das tipologias de carga e de consumo e levantamento da produção de energia fotovoltaica distribuída na rede local durante seis meses. Também foram levantados dados da temperatura de Boa Vista e Guaratinguetá, histórico do graus-dia de Boa Vista, e levantamento eletroenergético de UC 1, UC 2 e UC 3 realizado *in loco* pelo autor e de UC 4 fornecido por Filippo Filho (2018).

5.1 CONDIÇÕES GERAIS DO FORNECIMENTO DO CBV

As condições gerais de fornecimento de energia à unidade estão previstas no contrato de fornecimento de energia elétrica nº 061/2016, conforme a REN nº 414, de 9 de setembro de 2010 celebrado entre a EDR e o IFRR. O contrato prevê demanda de 500 kW com ponto de entrega no poste de nº M 16 13 645. O CBV tem medidor de dupla via marca Itrón SL7000 que registra energia ativa (kWh) e reativa (kVArh), demanda (W), fator de potência (FP) e energia reversa proveniente da geração PV. O *campus* tem modalidade tarifária verde, classe (Poder Público), que prevê tarifa única para a demanda de potência em R\$/kW composta da seguinte forma: a) uma tarifa para o posto tarifário ponta (20 – 23 h), que é o período composto por três horas consecutivas diárias e, b) outra tarifa o posto tarifário fora de ponta, conforme REN 414.

5.2 HISTÓRICO DE CONSUMO E DEMANDA DE 48 MESES NO CBV

A demanda faturada no CBV depende da potência instalada nos edifícios em condições de entrar em funcionamento e é composta por máquinas frigoríficas (condicionadores de ar split, refrigeradores, câmara fria), lâmpadas de descarga (fluorescente, mista, vapor de mercúrio e vapor de sódio), além de lâmpadas de tecnologia led de baixa potência e diversas outras cargas instaladas nos laboratórios, tais como: motores de indução de baixa potência, motores síncronos de baixa potência, motobombas, automatizadores, computadores e impressoras.

Filippo Filho (2018) explica que a demanda faturada é regulamentada pelo artigo 104 da REN 414/2010 da ANEEL. O valor faturado é o máximo entre o valor contratado e o medido. Além disso, existe a multa por ultrapassagem, conforme artigo 93 da citada Resolução. Considerando o CBV, quando a demanda medida é inferior a 500 kW, será faturado o valor contratado de 500 kW. Quando a medição for maior que 500 kW será faturado o valor medido. E se essa

medição for superior a 525 kW (5% acima do contratado) haverá incidência de multa por ultrapassagem. A Tabela 13 apresenta o histórico do consumo de ponta (CP), consumo fora de ponta (CFP) e demanda (D) durante 48 meses no CBV.

Tabela 13 - Histórico do CP, CFP e D de 48 meses do CBV

HISTÓRICO DO CONSUMO DE PONTA E FORA DE PONTA E DEMANDA DO IFRR/CBV												
MÊS	ANO 2014			ANO 2015			ANO 2016			ANO 2017		
	CP kWh	CFP kWh	D kW	CP kWh	CFP kWh	D kW	CP kWh	CFP kWh	D kW	CP kWh	CFP kWh	D kW
Jan.	0	76.320	500	6.480	77.760	500	5.369	70.509	500	5.429	61.315	500
Fev.	0	113.760	500	9.786	93.022	500	13.844	93.334	545	11.548	87.260	509
Mar.	0	121.562	525	10.144	113.365	500	20.823	125.847	579	16.961	112.391	566
Abr.	0	112.959	500	10.998	106.262	500	18.700	119.506	648	18.245	115.094	500
Mai	0	102.643	500	10.298	102.331	500	17.436	113.294	594	15.263	105.436	519
Jun.	0	120.901	500	10.841	107.688	500	16.368	105.287	517	13.278	91.007	500
Jul.	0	115.393	500	10.292	103.439	500	10.218	80.167	500	8.094	63.113	500
Ago.	0	114.239	500	12.280	132.081	527	19.224	119.214	534	19.296	109.519	534
Set.	0	133.444	523	12.328	134.332	639	18.307	121.139	594	13.983	123.887	500
Out.	12.329	119.595	521	11.894	143.730	607	18.245	117.626	637	20.089	118.126	560
Nov.	12.394	119.723	552	10.530	121.556	573	17.064	121.788	604	18.226	107.993	573
Dez.	8.800	101.200	500	8.472	111.204	500	10.231	89.209	533	10.997	80.262	500
TOTAL	33.523	1.351.739		124.343	1.346.770		185.829	1.276.920		171.409	1.175.403	

Fonte: EDRR (2018).

5.3 FATOR DE POTÊNCIA

Levantamento realizado pelo autor nas faturas de energia do CBV revela que não houve violação do FP, no período compreendido de janeiro de 2014 a dezembro de 2017 (48 meses).

5.4 PARÂMETROS ELÉTRICOS MEDIDOS DURANTE 144 HORAS

Filippo Filho (2018) entende que cada instalação possui uma curva de carga característica (diária, semanal, mensal). Esta pode variar com a região, estação do ano, tipo de instalação, podendo ser utilizada na análise de geradores, transformadores e sistemas fotovoltaicos. Para se levantar a curva de carga típica de uma instalação deve-se instalar um analisador de energia na fronteira de medição. No CBV, essas medições foram aferidas para levantar a curva de carga típica da instalação da instituição e fazer o contraponto com os dados das demandas faturadas levantados nas faturas de energia, já expostas na Tabela 13.

As medições feitas no CBV foram realizadas a pedido do autor e aferidas pela à equipe técnica da EDRR, no ponto de fornecimento localizada no poste de nº M 16 13 645, entre 15 horas e 07 minutos do dia 20 de março de 2018 (terça-feira) e 04 horas e 16 minutos do dia 25 de março de 2018 (domingo), totalizando 144 horas, com coleta de dados a cada minuto. Para isso foi usado um analisador de energia de MT tipo MARH-20. O extrato de medição contínua gerado (anexo 1) representa uma semana típica de funcionamento da instituição, onde foram aferidos tensão (V_a , V_b e V_c), corrente (I_a , I_b e I_c), potência ativa (W_a , W_b e W_c), potência ativa total (W_t), energia reativa (Q_a , Q_b e Q_c), energia reativa total (Q_t), potência aparente (S_a , S_b e S_c), potência aparente total (S_t), fator de potência (FP_a , FP_b e FP_c), além do fator de potência total (FP_t) e outros.

O MARH-20 é um medidor registrador de grandezas em tempo real usado para medições elétricas diretamente em MT. Este medidor possui três sensores tipo alicata na cor amarela que integram a medição de tensão e corrente em uma única peça por fase, conforme foto exposta na Figura 4.

Figura 4 - Medição no ponto de entrega do CBV usando analisador MAR - 20



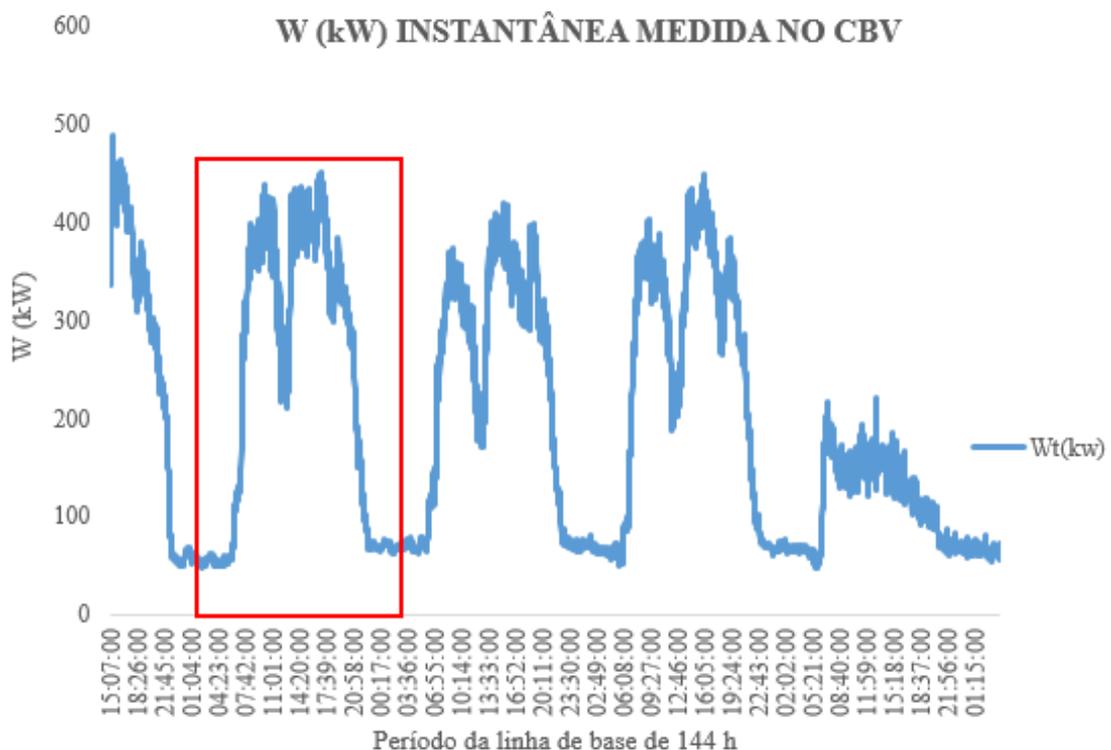
Fonte: Autor (2018).

No seu mostrador alfanumérico são indicados os valores de tensão, corrente, fator de potência, potências e energia. Registra os valores medidos na memória de massa para que, posteriormente, os dados possam ser transferidos, via GPRS ou USB para um computador e então analisados na forma de gráficos e relatórios através de software específico.

5.4.1 Potência total instantânea medida durante 144 horas

O gráfico da Figura 5 apresenta a potência exigida pela à instalação dos edifícios do CBV medida a cada minutos e registrada durante 144 horas (seis dias consecutivos). Os dados apurados foram tratados e a potência média ($W_{\text{méd}}$) da instalação registrada no período é próxima de 202,44 kW com desvio padrão (S) de 132,08 kW. A maior potência gravada foi igual a 488,44 kW ocorrida às 15 h e 17 minutos do dia 20 de março de 2018, enquanto que a menor potência registrada foi de 48,26 kW memorizado no período da madrugada, às 02 h e 18 minutos do dia 21 de março de 2018. O segundo dia de medição (delimitado com linha vermelha) é objeto de análise no item 5.5.

Figura 5 - Curva da potência total instantânea de uma semana típica.

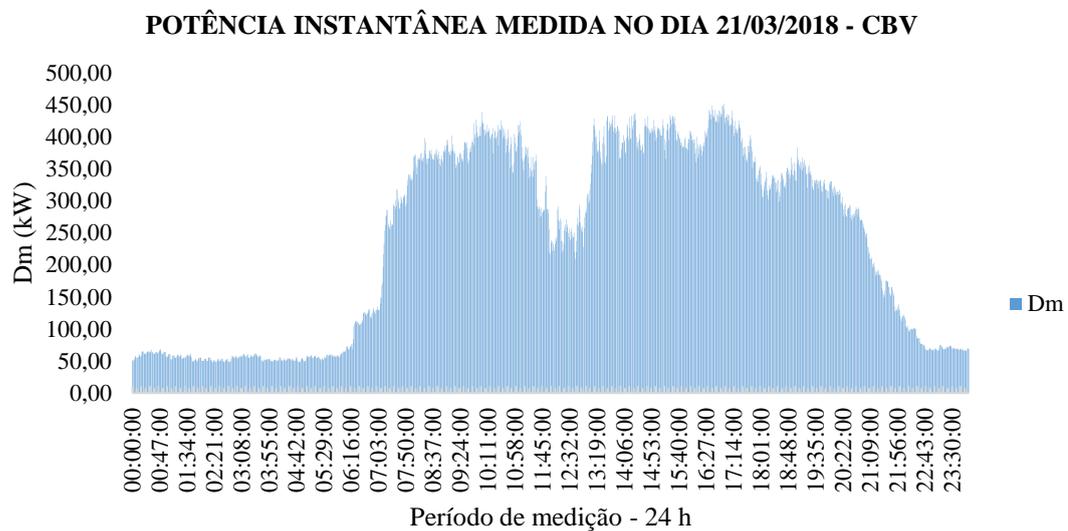


Fonte: Autor (2018).

5.5 GRÁFICO DA POTÊNCIA W VERSUS TEMPO AFERIDA DURANTE 24 H

A partir do gráfico da Figura 5 foi feito um recorte assinalado em vermelho no segundo dia de medição realizado no ponto de fornecimento do CBV. A potência instantânea exigida pela instalação do *campus* foi aferida a cada minuto durante o intervalo de 24 h daquele especificado dia típico de atividade da instituição, cujo o gráfico é apresentado na Figura 6. A medição foi realizada no dia 21 de março de 2018, entre 0 e 24 h, com o objetivo de elaborar o gráfico aproximado da Tipologia de Carga do CBV, que é objeto de estudo no subitem 5.5.1.

Figura 6 – Potência instantânea de um dia típico de atividades no CBV



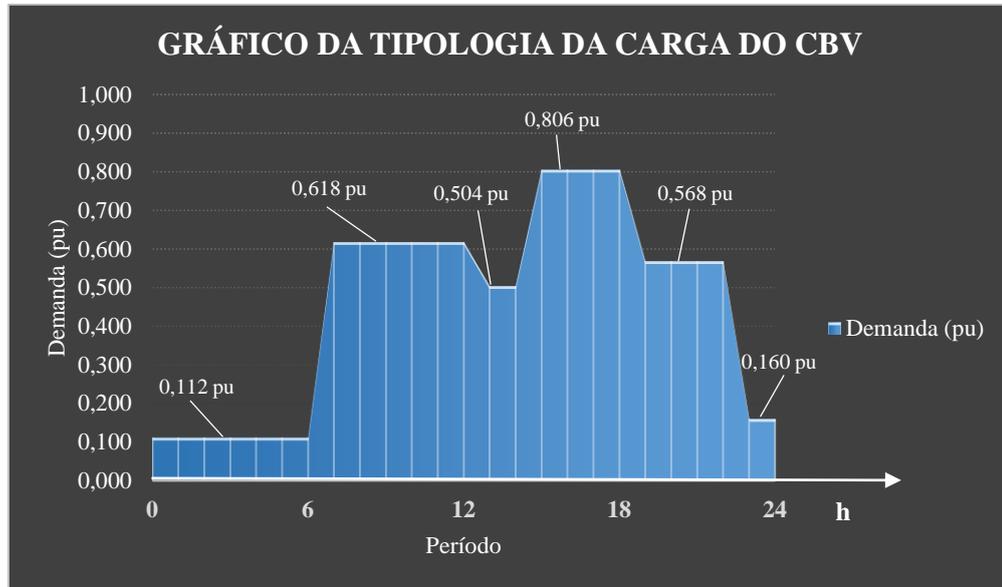
Fonte: Autor (2018).

5.5.1 Gráfico da tipologia da carga do CBV

A tipologia da carga é uma representação aproximada da curva de carga efetivamente medida, como por exemplo, o gráfico exposto na Figura 7 apresentado no sistema por unidade (pu) para melhor entendimento do leitor. Esse sistema é uma forma de expressar a potência elétrica em kW para uma forma normalizada, com base em valores pré-determinados. Os intervalos diários de interesse para análise de segmentação horária segundo Filippo Filho (2018) podem ser divididos em diurno, noturno e madrugada. Do gráfico da Figura 6 que contém o registro da demanda instantânea (medida durante 24 horas) foi extraída a demanda para os intervalos de tempo de 0 h às 6 h (período da madrugada), após às 6 h até às 12 h (período matutino), após às 12 h até 18 h (período vespertino), após às 18 h até às 24 h (período noturno),

conforme apresentado na Figura 7. Vale lembrar que no período noturno, no intervalo compreendido de 20 h às 23 h, ocorre o HP. Nesse intervalo, a demanda do CBV é de 0,57 pu para uma demanda de base de 500 kW (demanda contratada).

Figura 7 - Gráfico da tipologia da carga do CBV em um dia típico



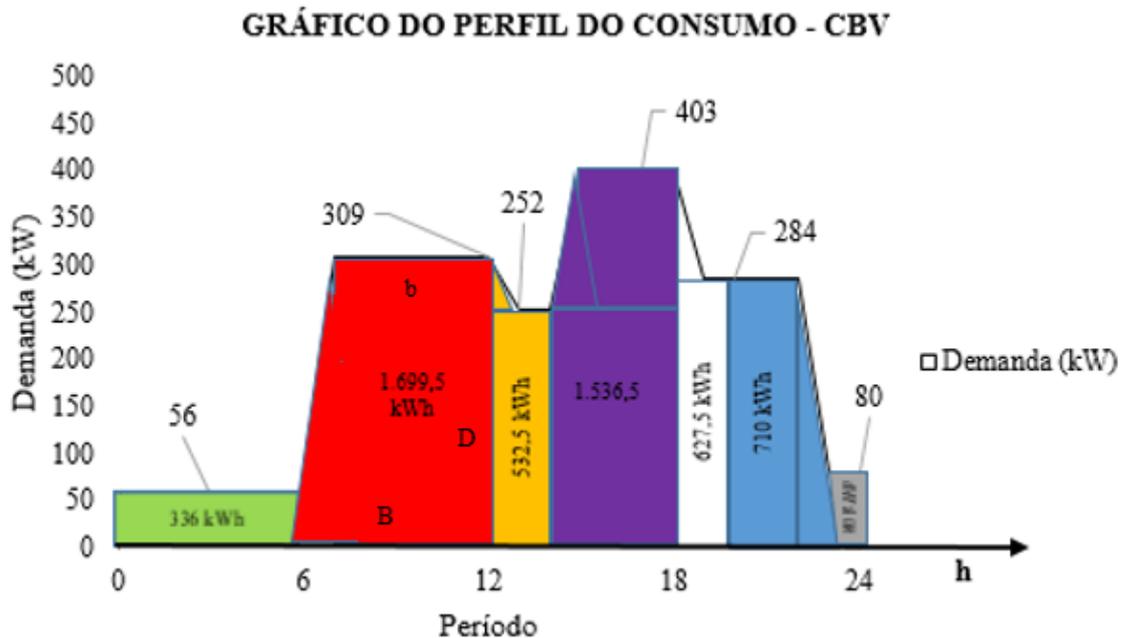
Fonte: Autor (2018)

O gráfico da Figura 7 revela que a potência do CBV durante a madrugada (0 – 6 h) limita-se a 0,112 pu, que corresponde a uma potência média (kWh/h) igual a 56 kW. Esse valor foi obtido multiplicando-se a demanda de base (500 kW) pela demanda em pu. A partir das 6 e até às 8 h é o período em que as cargas conectadas à instalação estão sendo ligadas, alcançando às 8 h uma demanda de 0,618 pu (309 kW), mantendo-se nesse valor até às 12 horas. No período vespertino, no horário do almoço, entre 12 horas e 14 horas, a potência é reduzida para 0,504 pu (252 kW), voltando a crescer a partir das 14 horas. Ainda no período vespertino, após a estabilização das cargas, a potência da instalação do *campus* alcança um valor de 0,806 pu (403 kW), mantendo-se nesse valor até às 18 horas. A partir das 18 horas, no período noturno, a potência é reduzida para 0,568 pu (284 kW). Essa redução brusca de aproximadamente 30% da demanda ocorre devido ao desligamento de grande parte das cargas do bloco administrativo, mantendo-se nesse valor durante todo o HP, caracterizado por 3 horas consecutivas (20 – 23 h), com exceção dos sábados, domingos e feriados definidos na REN nº 414/2010 da ANEEL. No final do período noturno, a partir da 23 horas e até as 24 horas, a potência da instalação é reduzida para 0,160 pu (80 kW), conforme indicado no 6º nível do gráfico da Figura 7.

5.5.2 Perfil do consumo do CBV para um dia típico

“A maioria das instalações não operam em regime de 24/7 (24 horas por dia, 7 dias por semana). As operações são descontínuas: muitas não operam aos domingos e feriados, outras não operam no período noturno ou durante a madrugada.” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 151). O gráfico do perfil do consumo de energia em kWh pode ser utilizado para segmentar o consumo da instalação em cada intervalo de atividade ou inatividade de uma organização. Para elaborar o gráfico do perfil do consumo de energia do CBV, observou-se a potência média em kW utilizada em cada período (madrugada, matutino, vespertino e noturno) apresentados no gráfico da Figura 7. Por exemplo, à potência média da instituição, no período da madrugada é de 56 kW e o tempo de uso dessa energia é de 6 horas, multiplicando-se a potência média pelo tempo de uso, obtém-se o consumo em kWh. As áreas indicadas nas cores (verde, vermelho, laranja, roxo, branco, azul e preto) no gráfico da Figura 8 representam o consumo segmentado em kWh do CBV, bastando soma-las para determinar o consumo médio diário.

Figura 8 - Gráfico aproximado da tipologia do consumo do CBV



Fonte: Autor (2018).

A Tabela 14 apresenta o perfil de consumo do CBV nos horários de ponta (HP) e fora de ponta (HFP). Os períodos de consumo apresentam-se fragmentados (madrugada, matutino, vespertino e noturno). O período vespertino foi subdividido em dois horários: durante e após o do

almoço. O período noturno está dividido em três horários: antes, durante e após o HP. Por fim são apresentados o consumo total do dia e o consumo percentual específico.

Tabela 14 - Perfil do consumo do CBV

Segmentação do consumo de ponta (HP) e fora de ponta (HFP) de um dia típico no CBV									
Período	Madru- gada	Matutino (kWh)	Vespertino (kWh)	No- turno(k	HFP (kWh)	HFP %	HP (kWh)	HP %	HP+HFP (kWh)
0 - 06 h	336,0				336,0	6,1			336,0
6 - 12 h		1.699,5			1.699,5	30,8			1.699,5
12 - 14 h			532,5		532,5	9,6			532,5
14 - 18 h			1.536,5		1.536,5	27,8			1.536,5
18 - 20 h				627,5	627,5	11,4			627,5
20 - 23 h				710,0		0,0	710	12,9	710,0
23 - 24 h				80,0	80,0	1,4			80,0
Subtotal	336,0	1.699,5	2.069,0	1.417,5	4.812,0	87,1	710	12,9	5.522,0

Fonte: Autor (2018).

Para determinar o consumo total de energia elétrica durante 24 horas deve-se somar o consumo em cada período representado pelas áreas dos quadriláteros e triângulos expostos no interior do gráfico apresentado na Figura 8. O consumo de energia (CE) em kWh representado pelo trapézio vermelho, por exemplo, foi determinado por meio da equação 1. Onde “B” é a base maior, “b” é a base menor e a demanda “D” é a altura do trapézio.

$$CE = \frac{(B + b) * D}{2} \quad (1)$$

5.6 LEVANTAMENTO DE CARGA DO CBV

A ANEEL determina por meio do inciso VII da REN nº 414/2010 que a potência instalada (P_{inst}) é a soma das potências nominais dos equipamentos elétricos instalados na UC, em condições de entrar em funcionamento, expressa em kW. O levantamento dessas cargas é importante para conhecer o montante das potências de todos os pontos de consumo de uma instalação e é básico para a determinação do tipo de fornecimento para uma UC. Neste caso, o levantamento de cargas busca identificar a P_{inst} destinada à iluminação externa e interna do CBV, além da potência elétrica destinada as máquinas frigoríficas (condicionadores de ar).

5.6.1 Potência destinada à iluminação externa do CBV

A Pinst destinada à iluminação externa do CBV levantada in loco pelo o autor em junho de 2018 é apresentada no Quadro 3. No campo de futebol há 36 lâmpadas vapor metálico de 2.000 W, na piscina há 10 lâmpadas vapor de sódio de 1.000 W, 60 lâmpadas vapor de sódio bulbo ovoide de 400 W instaladas em 20 postes distribuídos nas áreas do entorno dos edifícios do campus e 10 lâmpadas de 250 W instaladas em algumas paredes externas dos edifícios.

Quadro 3 - Quadro de cargas da iluminação externa do CBV

QUADRO DE CARGAS - ILUMINAÇÃO EXTERNA DO IFRR/CBV - JUNHO/2018					
Quantidade	Descrição da lâmpada	Potência (W)			
		250	400	1.000	2.000
36	Lâmpada Hqi Hpi tubular vapor me-				X
10	Lâmpada vapor de sódio tubular de			X	
10	Lâmpada vapor de sódio bulbo	X			
60	Lâmpada vapor de sódio bulbo		X		
Potência total por tipo de lâmpada		2.500	24.000	10.000	72.000
Potência total: 108,5 kW					

Fonte: Autor (2018).

O período de inatividade do CBV está definido no gráfico da Figura 8. Nesse período, não há consumo de energia elétrica na piscina e no campo de futebol. Esse intervalo de tempo ocorre no horário noturno, entre 23 horas e 24 horas (duração de 1 hora) e no horário da madrugada, entre 0 hora e 6 horas (duração de 6 horas), totalizando 7 horas. Como nesse período, não há consumo de energia elétrica na piscina e no campo de futebol, a potência usada limita-se a 26.500 W ou 26,5 kW, conforme as colunas 3 e 4 apresentadas no Quadro 3.

5.6.2 Potência destinada à iluminação interna do CBV

A potência de iluminação instalada na área interna dos edifícios do CBV levantada in loco pelo próprio autor em junho de 2018 é exposto no Quadro 4. Na data do levantamento havia um total de 1.748 lâmpadas de diversos tipos com baixo fator de potência. A P_{inst} no interior dos edifícios da unidade corresponde a 79.876 W ou 79,9 kW. Desse montante, uma potência de 4.632,8 W ou 4,6 kW (5,8%) é consumida pelas lâmpadas de tecnologia led e 75.243 W ou 75,2 kW equivalente a 94,2% é usada pelas lâmpadas de descarga (fluorescente tubular, fluorescente compacta, mista e vapor de mercúrio).

Quadro 4 - Composição da iluminação interna do CBV

QUADRO DE CARGAS - ILUMINAÇÃO INTERNA DO IFRR/CBV - JUNHO/2018													
Quantidade	Descrição da lâmpada	Potência (W)											
		7	9	12	16	20	25	30	40	45	46	160	400
85	Lâmpada fluorescente tubular T10 750 - 5000 K					X							
478	Lâmpada fluorescente tubular T10 750 - 5000 K								X				
307	Lâmpada led bulbo soquete E27 - Bivolt	X											
97	Lâmpada led bulbo soquete E27 - Bivolt		X										
50	Lâmpada led bulbo soquete E27 - Bivolt			X									
63	Lâmpada led bulbo soquete E27 - Bivolt				X								
56	Lâmpada compacta eletrônica - 4u branca 127 V										X		
249	Lâmpada compacta eletrônica - 4u branca 127 V						X						
2	Lâmpada compacta eletrônica - 4u branca 127 V							X					
273	Lâmpada compacta eletrônica - 4u branca 127 V									X			
8	Lâmpada mista base E27 - 220 V											X	
80	Lâmpada vapor de mercúrio base E40												X
Total		2.149	873	600	1.008	1.700	6.225	60	19.120	12.285	2.576	1.280	32.000
POTÊNCIA TOTAL: 79.876 W OU 79,9 kW													

Fonte: Autor (2018).

A baixa densidade de potência destinada à iluminação interna igual a $2,9 \text{ W/m}^2$ ($79.876 \text{ W}/27.500 \text{ m}^2$) é em virtude de ter ocorrido substituição de lâmpadas fluorescentes tubulares e compactas por lâmpadas de tecnologia led sem qualquer critério técnico, conforme definido na NBR 5410 da ABNT, como por exemplo, a substituição de lâmpada de 40 W por lâmpada de 12 W.

Importante informar que as 80 lâmpadas à vapor de mercúrio de 400 W foram aplicadas no ginásio de esportes do *campus*. O ginásio tem duas quadras de tamanho oficial (35×85) metros e arquibancadas, salão de danças com área de 1.225 m^2 . A escolha desse tipo de lâmpada pelo projetista não foi acertada por se tratar de uma lâmpadas de baixo rendimento e baixa eficiência energética, porém, com baixo custo de implantação. A lâmpada à vapor de mercúrio apresenta às seguintes características: fluxo luminoso de 50 lúmens por watt (50 lm/W), índice de reprodução de cores (IRC) maior que 40 (muito baixo), mas superior ao da lâmpada mista e vida útil de 18.000 horas.

Observando-se as características da lâmpada à vapor de mercúrio e a área específica total de 4.285 m^2 (referente as duas quadras e o salão de dança), cuja à iluminância (E) medida em lux (lx) é de $373,4 \text{ lx}$, ou seja $373,4 \text{ lm/m}^2$, conclui-se que a iluminância no local supera o valor de 300 lm/m^2 especificado pela norma ABNT NBR 5413 (1992) para quadras de esportes. Esse resultado demonstra que a iluminância do local está em desconformidade com a norma, causando desperdício de energia.

5.6.3 Potência destinada a condicionadores de ar no CBV

A potência elétrica (P_E) destinada exclusivamente aos condicionadores de ar instalados nos edifícios do CBV foi levantada *in loco* pelo próprio autor e apresentada no Quadro 5. Além da P_E apresentam-se também à capacidade de refrigeração (C_R), que é a capacidade que uma máquina frigorífica tem de alterar a temperatura do meio em que está instalada, ou seja, o quanto essa máquina consegue resfriar ou aquecer o ambiente podendo ter como unidade, o Btu/h e o kW. Além da C_R instalada em cada prédio do *campus* foram levantadas também à capacidade total de refrigeração (CTR) em Btu/h, a potência de refrigeração (P_R) em kW e a potência frigorífica (P_F) dada em TR (tonelada de refrigeração), que segundo Filippo Filho (2018, p. 209) é a potência necessária para congelar 1 t (uma tonelada) de água em um dia.

Quadro 5 - Potência elétrica destinada às cargas térmicas instaladas no CBV

Edifícios do IFRR	Capacidade de refrigeração em (Btu/h)								Total de máquinas	Cap. Refrig. total (Btu/h)	Potência de refrigeração (kW)	Potência frigorífica (TR)
	12.000	18.000	24.000	36.000	44.000	48.000	58.000	60.000				
Administração	2	7	14				2		25	602.000	176,43	50,17
Auditório		1	4				2	4	11	470.000	137,74	39,17
Biblioteca			3	4			7	5	19	922.000	270,21	76,83
CAES	2	3							5	78.000	22,86	6,50
CTI				2					2	72.000	21,10	6,00
Complexo de Arte			2			1	7		10	502.000	147,12	41,83
Educação Física	1			1			1		3	106.000	31,07	8,83
Laboratórios	10	1	12	44	2	9	8	4	90	3.234.000	947,79	269,50
Manutenção	1	1	2						4	78.000	22,86	6,50
DERA	2			6	2	1		2	13	496.000	145,36	41,33
Restaurante	1			2				4	7	324.000	94,95	27,00
Salas de aula	1		8	38					47	1.572.000	460,71	131,00
TOTAL	20	13	45	97	4	11	27	19	236	8.456.000	2.478,20	704,67

Fonte: Autor (2018).

O valor da P_R apresentada no Quadro 5 foi obtida por meio da equação 2.

$$P_R(\text{kW}) = \frac{\left(\frac{\text{BTU}}{\text{h}}\right) * 1055,05\text{J}}{1000} = \left(\frac{\text{BTU} * 1055,05\text{J}}{3.600 \text{ s}}\right) * 10^{-3} \quad (2)$$

Enquanto que a P_F foi calculada por meio da relação (1 TR = 12.000 Btu/h). Nas máquinas frigoríficas deve-se considerar duas potências: a P_R e a potência elétrica (P_E) dada em watt (W). A P_E é a potência ativa entregue ao motor que aciona o compressor da unidade de ar-condicionado, podendo ser calculada pela equação 3.

$$P_E = \frac{P_R}{EER} \quad (3)$$

A eficiência energética (EER) de um aparelho de ar-condicionado é medida pela relação entre P_R e P_E , conforme a equação 4. A EER é a razão entre a capacidade de refrigeração em Btu (unidade térmica britânica) por hora e a entrada de energia em watt. Quanto mais alta a classificação do EER, mais eficiente é o ar-condicionado. O EER dada em W/W e a eficiência energética de aquecimento (COP) em W/W são fatores de eficiência fornecidos pelos fabricantes na ficha técnica das máquinas.

$$EER = \frac{P_R}{P_E} \quad (4)$$

Com base no Quadro 4 e equação 3, estima-se que se todos os condicionadores de ar do CBV fossem relativamente novos e usados simultaneamente, considerando um fator EER médio de 3,27, a potência ativa solicitada pelas cargas térmicas aos transformadores do *campus* seria próximo de 758 kW. Estimando a área condicionada (AC) do CBV em 9.574 m², equivalente a 34,81% da área coberta total da unidade que é de 27.500 m². Considerando a PF total apresentada na coluna 13 do Quadro 4 igual a 704,67 TR e a AC estimada, a PF por metro quadrado da organização é de aproximadamente 0,074 TR/m².

5.7 CARACTERIZAÇÃO DA GDPV E PRODUÇÃO ENERGIA PV NO CBV

A fonte de energia fotovoltaica do CBV é constituída por 270 módulos fotovoltaicos de 265 Wp/12 V com dimensões de (1.638 x 982 x 40) mm e peso unitário de 18 kg. Além dos 270 módulos, a fonte de energia fotovoltaica instalada no *campus* é constituída também por cinco inversores eletrônicos (um inversor por string) dois strings com dois inversores de 15 kW e três strings com três inversores de 12 kW. Cada *string* tem 54 placas PV que pode produzir uma tensão em corrente contínua (CC) de até 648 V e fornecer uma potência de até 14,31 kWp. Essa potência depende da disponibilidade de radiação solar, que segundo Tiba (2000) pode atingir, em Roraima, uma potência média de até 206 W/m². Cada *string* é conectada a um *string box* (caixa de proteção elétrica) que contém DPS, disjuntor CA e fusíveis CC, cuja a saída é conectada à entrada de um inversor trifásico, que por sua vez tem a sua saída conectada ao

barramento do quadro de distribuição de luz e força (QDLF). A energia injetada no barramento do QDLF é distribuída na rede elétrica do CBV e quantificada pela empresa *FRONIUS* localizada no Canadá. O monitoramento do sistema pode ser realizado em tempo real no site solar web no endereço: <<https://www.solarweb.com/PvSystems/Widgets>>. A fonte PV também tem um sensor para medir a temperatura do ar, um sensor para medir a temperatura das placas, um anemômetro para medir a velocidade do vento no telhado, malha de aterramento com resistência de terra igual a 10Ω (10 ohms) e equipamento de telemetria embarcado no inversor, que envia em tempo real, os dados referentes à produção e consumo de energia PV de cada *string*, ao sistema de monitoramento da empresa *FRONIUS*, localizada no Canadá.

O conjunto de módulos fotovoltaicos está instalado em uma cobertura com estrutura em aço e telha ondulada de zinco com isolamento termo acústico (dimensão de 1,0 m x 6,0 m). O telhado tem área total de 1.042 m^2 e área específica destinada ao conjunto de módulos igual a $434,7 \text{ m}^2$, conforme a área delimitada com linha laranja apresentada na foto da Figura 9.

Figura 9 - GDPV do IFRR/CBV localizada no bairro Pricumã - Boa Vista



Fonte: GOOGLE MAPS (2018).

A foto da Figura 10 apresenta de forma mais aproximada o arranjo do conjunto de módulos solares da geração distribuída fotovoltaica (GDPV) do CBV. Juntos, os 270 módulos fotovoltaicos exibidos na foto da Figura 9 têm uma capacidade de fornecer uma potência de até 66 kWp (quilowatt-pico). Essa é a potência máxima no período de máxima insolação local.

Parte destes módulos foi instalada com inclinação de 30° em relação ao solo no sentido norte geográfico da Terra (NGT) e a outra parte foi direcionada a 30° no sentido sul. O ângulo que a placa fotovoltaica forma com a horizontal, ou seja, com a superfície do local indica o melhor rendimento do módulo fotovoltaico em relação a irradiação solar local. A irradiação solar é a irradiância integrada em um intervalo de tempo especificado, geralmente em uma hora ou um dia, e é dada em watt-hora por metro quadrado (Wh/m²).

Figura 10 – Módulos solares no telhado dos laboratórios de eletrotécnica



Fonte: Autor (2018).

5.7.1 Produção da GDPV e consumo faturado no CBV

A energia produzida pela GDPV do CBV foi quantificada no período de junho de 2017 a fevereiro de 2018 e publicada pela a empresa Silveira Engenharia, por meio do relatório de geração fotovoltaica exposto no anexo 2. A produção de energia PV apresentada na Tabela 15 alcançou um montante de 60.395 kWh, enquanto que o consumo de energia elétrica faturado (CEE_{faturado}) atingiu um total de 900.687 kWh. Esse resultado indica que a GDPV do CBV produziu, no período analisado, energia equivalente a 6,7% do CEE_{faturado} e causou impacto na fatura mensal de energia elétrica do CBV. Esse impacto foi maior no mês de outubro, quando a produção de energia PV atingiu o montante de aproximadamente 9.334 kWh correspondente a 15,46% da produção de energia PV no período de janeiro de 2017 a fevereiro de 2018. No

mês de outubro, delimitado com linha vermelha na Tabela 15, a produção da fonte PV alcançou 6,75% do consumo do mês. A produção média diária no mês atingiu um valor de 311 kWh/dia.

Tabela 15 - Relação entre produção de energia PV e consumo faturado no CBV

HISTÓRICO DA PRODUÇÃO DE ENERGIA PV NO CBV NO PERÍODO DE JUN./17 - FEV./18									
Mês/Ano	String1 (kWh)	String2 (kWh)	String3 (kWh)	String4 (kWh)	String5 (kWh)	Produção (kWh)	Produção (%)	Produção PV (%)	CEE mensal faturado (kWh)
Jun./17	261	251	289	284	0	1.085	1,80	1,04	104.285
Jul./17	1.401	907	949	1.374	0	4.631	7,67	6,50	71.207
Ago./17	1.826	1.427	1.829	1.837	1.402	8.320	13,78	6,46	128.815
Set./17	1.825	1.502	1.893	1.874	1.836	8.929	14,78	6,48	137.870
Out./17	1.889	1.558	1.910	2.037	1.940	9.334	15,46	6,75	138.215
Nov./17	1.638	1.310	1.697	1.955	1.836	8.434	13,96	6,68	126.219
Dez./17	1.533	1.184	1.589	1.843	1.726	7.874	13,04	8,63	91.239
Jan./18	1.376	1.017	1.425	1.659	1.543	7.020	11,62	17,28	40.618
Fev./18	846	746	1.013	1.115	1.048	4.768	7,89	7,66	62.219
Total	12.595	9.900	112.593	13.977	11.330	60.395	100		900.687

Fonte: FRONIUS (2018).

A Tabela 16 apresenta os dados referentes à irradiação solar nos planos horizontal e inclinado no ponto de instalação das placas solares da GDPV do CBV. Os dados foram gerados no site do Centro de Referência para as Energia Solar e Eólica Sérgio S. Brito (CRESESB) disponível no endereço: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_71342>. Para gerar os dados basta digitar as coordenadas 2°48'49" N e 60°41'38" W na aba potencial solar.

Tabela 16 - Irradiação solar em kWh/m²/dia no plano horizontal e inclinado

Período MES	Plano hor. 0° N kWh/m ² /dia	Ang. igual a latitude 3° N kWh/m ² /dia	Maior média anual inc. 3° kWh/m ² /dia	Maior mín. mensal inc. 3° N kWh/m ² /dia
Jan.	4,60	4,50	4,69	4,50
Fev.	4,73	4,65	4,77	4,65
Mar.	4,95	4,92	4,96	4,92
Abr.	4,82	4,82	4,75	4,82
Mai	4,43	4,49	4,36	4,49
Jun.	4,60	4,68	4,51	4,68
Jul.	4,69	4,77	4,60	4,77
Ago.	5,15	5,20	5,09	5,20
Set.	5,53	5,52	5,52	5,52
Out.	5,43	5,37	5,48	5,37
Nov.	5,11	5,01	5,21	5,01
Dez.	4,66	4,55	4,77	4,55

Fonte: CRESESB (2018)

Na segunda coluna da Tabela 16 são exibidos os valores da irradiação solar no plano horizontal, ou seja, quando o módulo fotovoltaico estiver nivelada ao solo a 0° N. A terceira coluna demonstra os dados referentes ao plano inclinado, quando o ângulo entre o módulo e o solo for igual a latitude de 3° N. A maior irradiação solar média mensal local ocorre no plano horizontal, durante o mês de setembro exibido na segunda coluna e é igual a 5,53 kW/m²dia, que praticamente coincide com o valor do maior mínimo mensal que ocorre quando o painel fotovoltaico é posicionado a 3° N. Nessa posição, a irradiação solar local atingirá no mês de setembro, um valor de 5,52 kWh/m²dia. Outra posição de maior irradiação solar média mensal no local ocorre no mês de setembro, se a placa fotovoltaica estiver instalada com inclinação de 3° S, nessa posição, a irradiação na superfície do módulo fotovoltaico atinge 5,52 kW/m²dia.

Havet et al. (1999) explicam que a escolha de uma daquelas inclinações expostas na Tabela 16 depende principalmente da atividade fim da instalação e dos requisitos do projeto, por exemplo: doméstica, turismo, industrial e outras. Citam que em geral, o valor da latitude local é usado como ângulo de inclinação do módulo fotovoltaico. O ângulo com a maior média diária anual de irradiação solar costuma ser usado quando se deseja a maior geração anual de energia, o que seria o caso da GDPV dentro do Sistema de Compensação de Energia, definido pela [Resolução Normativa n° 482 de 17 de abril de 2012 da ANEEL](#). Já o ângulo com maior valor mínimo mensal de irradiação solar costuma ser uma medida conservadora, usado em situações onde o fornecimento contínuo de energia elétrica é crítico para atividade fim.

A Tabela 17 apresenta a eficiência da fonte PV do CBV, em cada mês do período de agosto de 2017 a fevereiro de 2018. A maior eficiência (13%) ocorre na janela de outubro a novembro de 2017 grafado em vermelho e a menor (8%) ocorreu em fevereiro de 2018 devido a menor irradiação solar igual a 4,73 kWh/m²dia e a menor quantidade de dias de geração.

Tabela 17 - Eficiência da fonte PV do CBV - agosto de 2017 a fevereiro de 2018

EFICIÊNCIA DA FONTE PV DO CBV - Período: agosto de 2017 a fevereiro de 2018					
Mês	Geração total mensal (kWh)	Geração média diária (kWh/dia)	Irradiação solar média mensal plano horizontal 0° (kWh/m ² dia)	Eficiência mensal (%)	Área total dos módulos PV (m ²)
Ago./17	8.320	268	5,15	12	434,70
Set./17	8.929	298	5,53	12	434,70
Out./17	9.334	301	5,43	13	434,70
Nov./17	8.434	281	5,11	13	434,70
Dez./17	7.874	254	4,66	13	434,70
Jan./18	7.020	226	4,60	12	434,70
Fev./18	4.768	170	4,73	8	434,70
Média	7.811	257	5,00	12	434,70

Fonte: Autor (2018).

A eficiência mensal percentual (%) da fonte exibida na 5ª coluna da Tabela 17 foi obtida dividindo-se a geração média diária em cada mês, dada em kWh/dia, pelo produto entre a irradiação solar média mensal no plano horizontal, dada em kWh/m²/dia e a área total do conjunto de placas, que é igual a 434,7 m². A eficiência média da fonte PV do CBV, no período de agosto de 2017 a fevereiro de 2018 é de 12%, conforme última linha da 5ª coluna.

5.8 DADOS SOBRE A TEMPERATURA DA CIDADE DE BOA VISTA

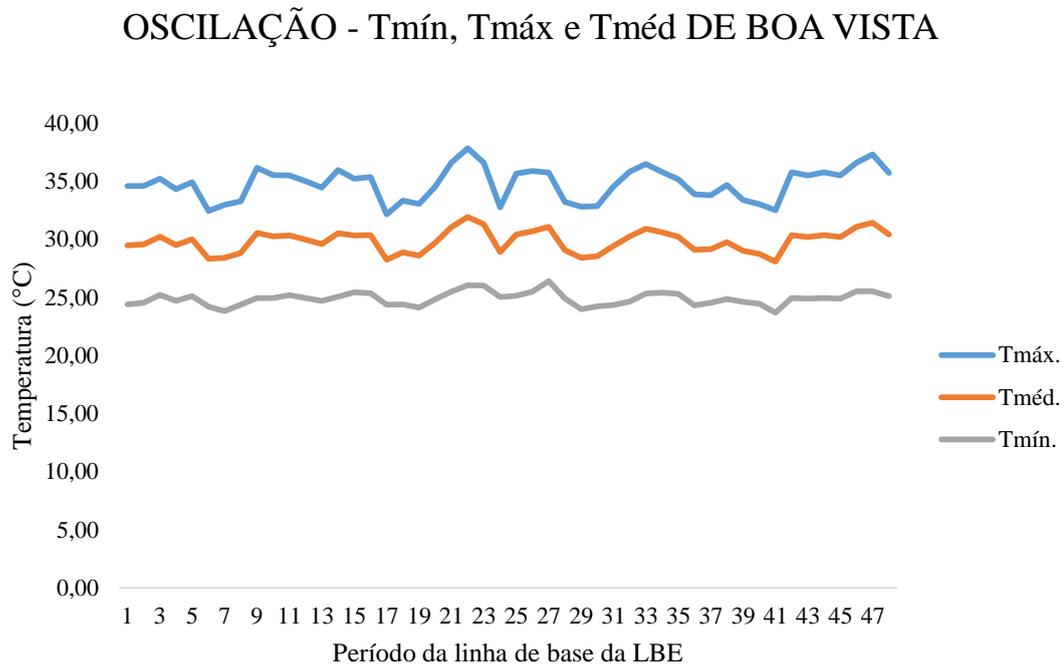
A oscilação das temperaturas médias mensais ($T_{méd}$), das temperaturas máximas mensais ($T_{máx}$) e das temperaturas mínimas mensais ($T_{mín}$) extraídas por meio das médias das temperaturas diárias em °C da cidade de Boa Vista são apresentadas na Tabela 18. Levantou-se o histórico dessas temperaturas durante 48 meses (janeiro de 2014 a dezembro de 2017) para futura análise no capítulo 6, quando será verificada, a possível correlação entre temperatura ambiente versus consumo e demanda de energia do CBV. A maior $T_{méd}$ registrada no período foi de 31,94 °C ocorrida no mês de outubro de 2015 e a menor $T_{méd}$ atingiu 28,10 °C ocorrida no mês de maio de 2017, ambos os valores delimitados com linha roxa. A maior $T_{máx}$ é 37,8 °C ocorrida em outubro de 2015 e a menor $T_{mín}$ atingiu 23,7 °C em maio de 2017.

Tabela 18 - Histórico das $T_{mín}$, $T_{máx}$ e $T_{méd}$ na cidade de Boa Vista

HISTÓRICO DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA DA CIDADE DE BOA VISTA												
Mês	ANO 1 - 2014			ANO 2 - 2015			ANO 3 - 2016			ANO 4 - 2017		
	$T_{mín}$ (°C)	$T_{máx}$ (°C)	$T_{méd}$ (°C)									
Jan.	24,40	34,58	29,49	24,71	34,47	29,59	25,15	35,67	30,41	24,54	33,79	29,17
Fev.	25,54	34,58	30,06	25,06	35,97	30,52	25,50	35,89	30,70	24,88	34,67	29,78
Mar.	25,22	35,23	30,23	25,45	35,22	30,33	26,41	35,75	31,08	24,63	33,38	29,01
Abr.	24,71	34,33	29,52	25,36	35,38	30,37	24,92	33,21	29,06	24,47	33,03	28,75
Maio	25,11	34,92	30,02	24,38	32,14	28,26	24,00	32,80	28,40	23,69	32,50	28,10
Jun.	24,22	32,47	28,34	24,40	33,34	28,87	24,23	32,88	28,55	24,95	35,78	30,36
Jul.	23,82	32,98	28,40	24,14	33,05	28,59	24,36	34,53	29,44	24,89	35,49	30,19
Ago.	24,38	33,26	28,82	24,84	34,55	29,69	24,65	35,84	30,25	24,95	35,78	30,36
Set.	24,96	36,16	30,56	25,51	36,61	31,06	25,33	36,48	30,91	24,89	35,49	30,19
Out.	24,96	35,53	30,25	26,05	37,83	31,94	25,42	35,81	30,61	25,53	36,61	31,07
Nov.	25,20	35,49	30,34	26,02	36,59	31,31	25,30	35,17	30,23	25,54	37,31	31,42
Dez.	24,96	35,01	29,99	25,05	32,75	28,90	24,33	33,89	29,11	25,13	35,73	30,43

Fonte: INMET (2018).

Observa-se que a amplitude da variação da $T_{méd}$ da cidade é muito pequena e tende a ser constante ao longo do ano. Essa amplitude pode melhor visualizada no gráfico da Figura 11.

Figura 11 - Oscilação das T_{\min} , T_{\max} e $T_{\text{méd}}$ da cidade de Boa Vista

Fonte: INMET (2018).

5.9 HISTÓRICO DO GRAUS-DIA DA CAPITAL BOA VISTA

Pereira et al. (2017) entendem que graus-dia são usualmente utilizados no mundo para estimar o consumo de energia devido ao aquecimento e/ou resfriamento. Citam que o graus-dia de resfriamento (GR) é uma medida projetada para quantificar a demanda de energia necessária para resfriar edifícios. Filippo Filho (2018, p. 148) entende que GR é o número de graus que a temperatura média de um dia está acima da temperatura de base, ou de conforto térmico. O GR da cidade de Boa Vista foi obtido pela equação 5, conforme Filippo Filho (2018, p. 148). Pois, a menor $T_{\text{méd}}$ da cidade, igual a 28,1 °C, registrada no período analisado e exposta na Tabela 18 é maior que a T_{base} (22 °C) adotada neste trabalho. “Essa temperatura de base pode variar de uma instalação para outra. Na maioria das vezes, situa-se entre 17 °C e 23 °C. Vale destacar que a temperatura no interior dos edifícios fica entre 1 °C e 3 °C acima da temperatura ambiente” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 147). Optou-se por adotar a T_{base} para a cidade de Boa Vista igual a 22 °C por ainda não existir um modelo científico ou norma técnica que estabeleça um método de cálculo para o Brasil, útil a diversidade climática.

$$GR = \left[\left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} \right) - T_{\text{base}} \right] * 30 \text{ dias} \quad (5)$$

O GR médio mensal da cidade de Boa Vista foi obtido por meio da equação 5 e exposto na Tabela 19. Considerou-se apenas os meses de março a novembro de cada ano, pois interessa verificar apenas o período de plena atividade da instituição. Janeiro é um mês de férias, no mês de fevereiro ocorrem planejamento pedagógico e em dezembro, às atividades são encerradas em meados do mês. Levantou-se o histórico do GR para futura análise no capítulo 6, quando será verificada, a possível correlação entre GR versus consumo e demanda de energia no CBV.

Tabela 19 -Histórico do GR da cidade de Boa Vista no período: 2014 - 2017

PERÍODO	Graus-dia de resfriamento (GR - °C) - Temperatura média (T _{méd} - °C) - Boa Vista - 2014 a 2017							
	2014 (Ano 1)		2015 (Ano 2)		2016 (Ano 3)		2017 (Ano 4)	
Mês	GR(°C)	T _{méd} (°C)	GR(°C)	T _{méd} (°C)	GR(°C)	T _{méd} (°C)	GR(°C)	T _{méd} (°C)
Mar.	246,9	30,2	250,0	30,3	272,4	31,1	210,2	29,0
Abr.	225,6	29,5	251,1	30,4	211,9	29,1	202,4	28,7
Maio	240,5	30,0	187,9	28,3	192,0	28,4	182,9	28,1
Jun.	190,2	28,3	206,2	28,9	196,6	28,6	250,9	30,4
Jul.	192,1	28,4	197,8	28,6	223,3	29,4	245,7	30,2
Ago.	204,7	28,8	230,8	29,7	247,4	30,2	250,8	30,4
Set.	256,7	30,6	271,8	31,1	267,2	30,9	245,7	30,2
Out.	247,4	30,2	298,2	31,9	258,4	30,6	272,1	31,1
Nov.	250,3	30,3	279,2	31,3	247,0	30,2	282,7	31,4

Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Tabela 19 que o maior GR destacado em vermelho atingiu 298,2 °C ocorrido no mês de outubro de 2015, enquanto que o menor valor destacado em azul foi igual a 182,9 °C registrado no mês de maio de 2017. A sazonalidade do GR médio mensal no período pode ser melhor visualizado no gráfico apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Sazonalidade do GR mensal da cidade de Boa Vista



Fonte: INMET (2018).

5.10 SITUAÇÃO ELETROENERGÉTICA DO SETOR RESIDENCIAL

A necessidade de energia no setor residencial do Estado de Roraima e em especial na capital consiste principalmente de requisitos de energia para iluminação, condicionador de ar, refrigerador e freezer, juntamente com a energia dedicada aos demais eletrodomésticos. A EPE publicou em 2017, que no ano base 2016, Roraima teve o maior consumo médio residencial do país, alcançando 315 kWh/mês. A necessidade de energia elétrica no setor residencial de acordo com as classes de renda e usos finais, tendo como corte o município de Boa Vista, apresenta um cenários de consumo de energia elétrica que impacta o crescimento da eficiência e a posse de equipamentos elétricos no consumo.

Estratégias que visam o uso racional e eficiente de energia por parte dos consumidores do setor residencial do Estado precisam ser reforçadas verificando *in loco* os possíveis problemas de consumo e uso de energia dessa classe e suas subclasses.

O setor residencial de Roraima necessita de políticas públicas voltadas para uma efetiva economia de energia. A racionalização do uso de energia elétrica é de grande importância no setor, já que como visto, o setor consumiu, em 2016, cerca de 51,5% da energia elétrica requerida pelo sistema do Estado, que atingiu um montante de 915 GWh (EPE, 2016). É, portanto, essencial o estudo do consumo de energia elétrica no setor residencial. O consumo em Roraima é muito concentrado no setor residencial, seguido pelo setor comercial (22,2%), setor poder público (10,8%) e pelo setor de serviço público com 3,0%.

A situação eletroenergética do setor residencial de Boa Vista pode ser utilizado para desenvolver uma metodologia para o estudo do excessivo consumo de energia em outras cidades semelhante, para isso, fez-se o levantamento eletroenergético de três residências.

5.11 LEVANTAMENTO ELETROENERGÉTICO DE 3 RESIDÊNCIAS

Para conhecer a situação eletroenergética do setor residencial da capital Boa Vista foi realizado o levantamento de consumo e uso de energia elétrica de três residências alimentadas pelas subestações Floresta, Centro e Distrito Industrial. O levantamento de carga demonstra que a necessidade de energia das residências localizadas no bairro Pricumã (UC 1), no bairro Centro (UC 2) e no bairro Distrito Industrial (UC 3) constitui-se principalmente de requisitos de energia para iluminação, ar-condicionado, refrigerador e freezer, juntamente com a energia dedicada a outros eletrodomésticos, conforme a caracterização das UCs.

Residência 1 – UC 1

A UC 1 apresentada na Figura 13 é alimentada pela SE FLORESTA com tensão de 127/220 V; bifásica (2F + N); proteção: disjuntor de 50 A; a P_{inst} da residência é igual a 15 kW. As principais cargas instaladas são: 1 chuveiro elétrico de 5,5 kW/220 V – Marca Lorenzetti; 4 condicionadores de ar tipo *Split Wall Elgin Eco Power* de 12.000 Btu/h Frio – 1.150 W/220 V; 1 refrigerador Consul Crm35 *Frost Free* 2 portas Evox 2751 - 300 W/127 V; 1 Refrigerador Electrolux 02 Portas Ff 454l Db53x - 500 W/127 V; 20 lâmpadas de tecnologia LED - 25 W/90 a 265 V; 1 Ferro de passar roupas *Black&Decker* automático - 1200 W/127 V; 1 *Grill* Britânia Press Inox - 850 W/127 V; 1 Multiprocessador Britânia - 900 W/127 V; 1 Liquidificador Britânia Diamante - 800 W/127 V e demais eletrodomésticos.

Figura 13 - UC 1 localizada no bairro Pricumã - Boa Vista



Fonte: GOOGLE MAPS (2018a).

A Tabela 20 apresenta o histórico de consumo de energia de outubro de 2017 a setembro de 2018, cujas as medições foram realizadas no final de cada mês. A fatura de setembro corresponde a leitura do consumo entre 24 de agosto de 2018 e 22 de setembro de 2018. De outubro de 2017 a setembro de 2018, as leituras ocorreram em intervalo entre 29 e 32 dias. A envoltória da unidade tem cobertura com estrutura de madeira e telha de fibrocimento ondulada (dimensão de 1,83 m x 1,10), altura do piso ao teto (pé-direito) de 2,80 m, teto construído com forro de PVC (branco), paredes construídas com blocos cerâmicos e rebocadas com argamassa.

Tabela 20 - Consumo mensal de energia, P_{inst} e intervalo de leitura na UC 1

SITUAÇÃO ELETROENERGÉTICA UC 1 - CONJUNTO FLORESTA - BOA VISTA					
UC 1 Matrícula 0015627-2 CONJ. FLORESTA – Área construída: 142 m ²					
Mês	Período	Residentes	Consumo	FD (%)	Intervalo de leitura
Out/17	1	2	1.022	9,46	32
Nov/17	2	2	1.184	10,96	30
Dez/17	3	2	1.061	9,82	32
Jan/18	4	2	835	7,73	31
Fev/18	5	2	796	7,37	30
Mar/18	6	2	885	8,19	29
Abr./18	7	2	1.039	9,62	32
Mai/18	8	2	789	7,31	30
Jun./18	9	2	640	5,93	30
Jul./18	10	2	844	7,81	32
Ago./18	11	2	754	6,98	31
Set./18	12	2	781	7,23	29
TOTAL			10.630		

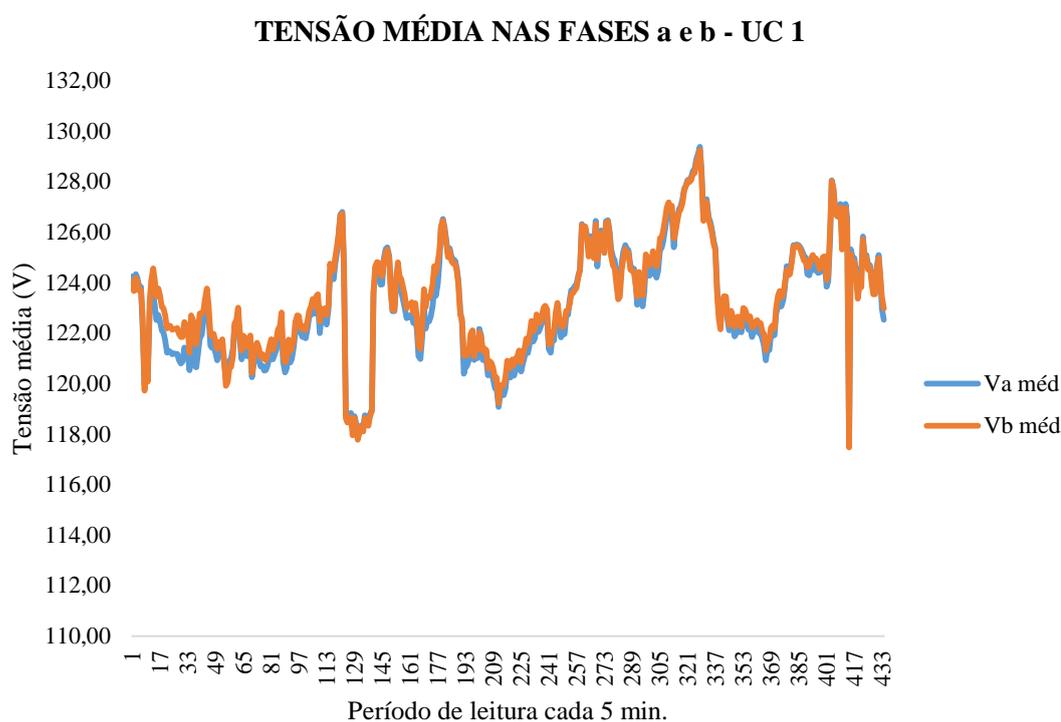
Fonte: Autor (2018).

O consumo médio mensal (CMM) da UC 1 foi obtido dividindo-se o consumo total nos doze meses (10.630 kWh) por 12, cujo o resultado é igual a 886 kWh/mês. A diferença entre o CMM apresentado pela EPE no BEN (2017) e o CMM da UC 1 obtido pelo o autor durante o levantamento é igual a 571 kWh/mês. A energia consumida pela à UC 1 é usada principalmente pela a iluminação interna e externa (0,5 kW), carga frigorífica: ar-condicionado (4,6 kW) e refrigeração (0,8 kW), aquecimento de água (5,5 kW) e outras cargas (3,6 kW).

Qualidade da energia na UC 1

A tensão em regime permanente, o FP e a THD foram medidas durante 96 horas consecutivas totalizando 434 leituras válidas, conforme Anexo 3. A medição foi realizada no ponto de fornecimento da UC 1, utilizando um analisador de energia de baixa tensão do tipo ET-5060 C da Minipa. A tensão em regime permanente está com os níveis de tolerância em conformidade com o especificado no ANEXO I, Tabela 4, do Módulo 8 do PRODIST, ou seja, pontos de conexão em Tensão Nominal igual ou inferior a 1 kV (220/127 V) deve ter tolerância conforme especificada na expressão $(202 \leq TL \leq 231)/(117 \leq TL \leq 133)$. No Estado de Roraima, a tensão nominal de fornecimento em baixa tensão é de 127 V entre fase e neutro (F + N) e de 220 V entre fases (F1 + F2), (F1 + F3) e (F2 + F3). Esses valores de tensão foram aferidos no ponto de fornecimento da UC 1, entre o quadro de medição (QM) e o QDLF, cujos os resultados são exibidos no gráfico da Figura 14.

Figura 14 - Gráfico tensão média medida nas fases na UC 1



Fonte: Autor (2018).

A THD da UC 1 foi medida durante 96 horas e os resultados indicaram inconformidade com os limites definidos pela ANEEL que é de ($\pm 10\%$). A THD no neutro foi de 62,5% com destaque para os harmônicos de ordem 3 (sequência zero) que alcançou 57,5% e o de ordem 5 (sequência negativa) que atingiu 17,5%. A THDi nas fases F1 e F2 estão conformes o especificado no Módulo 8 do PRODIST (abaixo de 10%). A THDv na fase F1 se aproximou de 150% com destaque para os harmônicos de ordem 3, 5, 7, 9, 11 e 13.

O harmônico de ordem 7 tem frequências de 420 Hz (sequência positiva) e o harmônico de ordem 13 tem frequência de 780 Hz (sequência positiva). O harmônico de ordem 9 tem frequência de 540 Hz (sequência zero) e o harmônico de ordem 11 tem frequência de 660 Hz (sequência negativa). Os harmônicos de ordem 3, 9, 15, 21, ..., principalmente o terceiro harmônico (180 Hz) estão provocando aumento de corrente no cabo neutro da UC 1. Grande parcela das correntes oriundas de harmônicos encontradas no condutor neutro é devido aos harmônicos de sequência zero.

O FP da instalação da UC 1 foi medido utilizando um alicate wattímetro Minipa tipo ET 4055. Uma medição foi realizada no QM com toda carga ativa e o resultado foi igual a 0,6. Individualmente, o pior FP foi da geladeira igual a 0,5 e ar-condicionado igual a 0,5.

Residência 2 – UC 2

A UC 2 exposta na Figura 15 é alimentada pela SE CENTRO com tensão de 127/220 V; trifásica (3F + N); proteção: disjuntor tripolar de 100 A; a Pinst da residência é igual a 38 kW. As principais cargas instaladas são: 3 Duchas Elétricas Advanced 4t 7.500 W/220 V – Marca Lorenzetti; 4 Condicionadores de ar Electrolux Split piso teto de 18.000 Btu Frio (BI18F) – 1.725 W/220 V; 1 Refrigerador Brastemp Brm56ab Ff Turbo Ice 462l Branco - 500 W/127 V; 1 Freezer Tripla Ação - 539 litros Vf56d - 500 W/127 V; 52 Lâmpadas compactas FLC 4u branca 34 W/127 V; 1 Ferro de passar roupas portátil Marca Black Decker 777 Bivolt - 1.150 W/127 V; 1 Lavadora automática 16 kg Lac16 S J Electrolux - 850 W/127 V; 1 Grill redondo tipo panela - 1.250 W/127 V; 1 Multiprocessador de alimentos Philips Ri7630 - 600 W/127 V; 1 Liquidificador Arno Ln54 - 1000 W/127 V, bomba da piscina com potência de ½ CV (735 W) e demais eletrodomésticos (secador de cabelo, carregador de bateria de celular).

Figura 15 - UC 2 localizada no bairro Caçari - Boa Vista



Fonte: GOOGLE MAPS (2018b).

A Tabela 21 exhibe o histórico de consumo da UC 2 no período de abril de 2016 a março de 2017, cujas as medições foram realizadas no final de cada mês. A fatura de março corresponde a leitura do consumo entre 27 de fevereiro de 2017 e 31 de março de 2017. De abril de 2016 a março de 2017, as leituras ocorreram em intervalo entre 27 e 33 dias. A envoltória da unidade residencial tem cobertura com estrutura em madeira e telhado com dois tipos de telhas: telha de fibrocimento ondulada (dimensão de 1,83 m x 1,10) e telha cerâmica, pé-direito de 2,90 m, teto construído com forro de PVC (branco), paredes construídas com blocos cerâmicos

e rebocadas com argamassa, paredes pintadas com tinta PVA com acabamento fosco nas cores amarela, cinza e verde claro, piso escuro.

Tabela 21 - Consumo mensal de energia, P_{inst} e intervalo de leitura na UC 2

SITUAÇÃO ELETOENERGÉTICA UC 2 - CONJUNTO CENTRO - BOA VISTA					
UC 2 Matrícula: 0007723-2 CONJUNTO CENTRO – Área construída: 360 m ²					
Mês	Período	Residentes	Consumo	FD (%)	Intervalo de lei-
Abr./16	1	3	1.401	5,12	30
Mai./16	2	3	1.419	5,19	32
Jun./16	3	3	1.271	4,65	30
Jul./16	4	3	1.017	3,72	29
Ago./16	5	3	1.962	7,17	33
Set./16	6	3	2.064	7,54	30
Out./16	7	3	2.316	8,46	32
Nov./16	8	3	1.896	6,93	29
Dez./16	9	3	1.938	7,08	30
Jan./17	10	3	1.953	7,14	32
Fev./17	11	3	1.666	6,09	27
Mar./17	12	3	2.029	7,42	32
TOTAL			20.932		

Fonte: Autor (2018).

O consumo médio mensal (CMM) da UC 2 foi obtido dividindo-se o consumo total nos doze meses (20.932 kWh) por 12, cujo o resultado é igual a 1.744 kWh/mês. A diferença entre o CMM apresentado pela EPE no BEN (2017) e o CMM da UC 2 obtido pelo o autor durante o levantamento é igual a 1.429 kWh/mês. A energia consumida pela à UC 2 é usada principalmente pela a iluminação interna e externa (1,8 kW), carga frigorífica: ar-condicionado (6,9 kW) e refrigeração (1,0 kW), chuveiro elétrico (22,5 kW) e outras cargas (5,8 kW).

Residência 3 – UC 3

A UC 3 apresentada na foto da Figura 16 é alimentada pela SE DISTRITO com tensão de 127/220 V; bifásica (2F + N); proteção: disjuntor de 40 A, a P_{inst} da residência é igual a 5,4 kW. As principais cargas instaladas são: 2 condicionadores de ar Split Hw Consul de 12.000 Btu/h - 1.150 W/220 V; 1 Refrigerador Consul - 400 W/127 V; 1 Freezer vertical Brastemp Bvr28mk de 228 litros - 300 W/127 V; 1 Lavadora de roupas automática 11 kg Marca Brastemp - 550 W/127 V; 13 lâmpadas compactas - 25 W/127 V; 1 Ferro de passar roupas tipo automático - 1.000 W/127 V; 1 Liquidificador - 500 W/127 V e demais eletrodomésticos (televisores, carregador de bateria de celular e outros).

Figura 16 - UC 3 localizada no bairro Paraviana - Boa Vista



Fonte: GOOGLE MAPS (2018c).

A Tabela 22 apresenta o histórico de consumo de energia da UC 3 entre outubro de 2017 e setembro de 2018, cujas as medições foram feitas no final de cada mês. A fatura de setembro corresponde a leitura do consumo entre 31 de agosto de 2018 e 28 de setembro de 2018. De outubro de 2017 a setembro de 2018, as leituras ocorreram em intervalo de 28 a 32 dias.

Tabela 22 - Consumo mensal de energia, Pinst e intervalo de leitura na UC 3

SITUAÇÃO ELETROENERGÉTICA UC 3 - CONJUNTO DISTRITO - BOA VISTA					
UC 3 Matrícula: 0007723-2 CONJUNTO DISTRITO – Área construída: 120 m ²					
Mês	Período	Residentes	Consumo (kWh)	FD (%)	Intervalo de lei-
Out./17	1	6	992	25,5	30
Nov./17	2	6	882	22,7	32
Dez./17	3	6	794	20,4	30
Jan./18	4	6	701	18,0	31
Fev./18	5	6	666	17,1	30
Mar./18	6	6	661	17,0	29
Abr./18	7	6	802	20,6	32
Mai./18	8	6	749	19,3	30
Jun./18	9	6	841	21,6	31
Jul./18	10	6	876	22,5	31
Ago./18	11	6	954	24,5	31
Set./18	12	6	898	23,1	28
TOTAL			9.816		

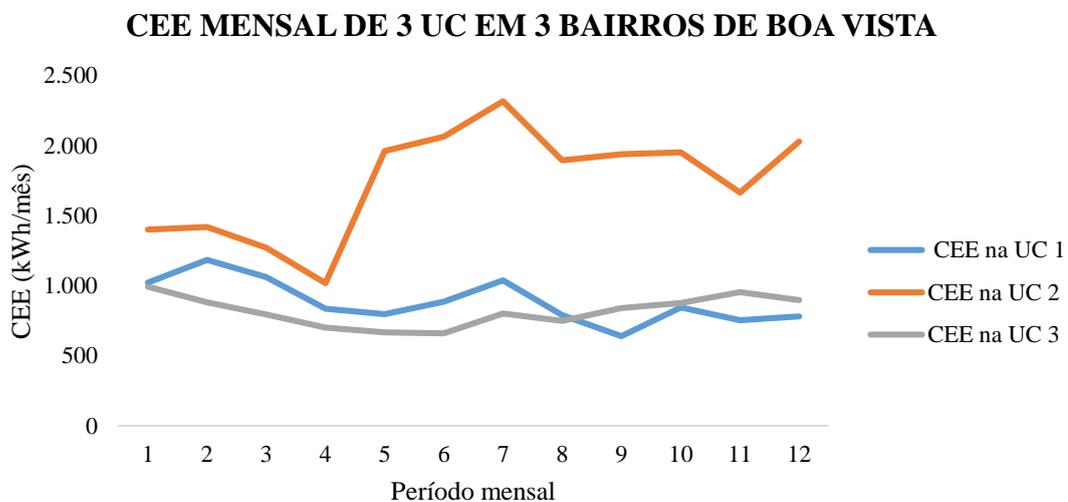
Fonte: Autor (2018).

O CMM da UC 3 foi obtido dividindo-se o consumo total nos doze meses (9.816 kWh) por 12, cujo o resultado é igual a 818 kWh/mês. A diferença entre o CMM publicado pela EPE no BEN (2017) e o CMM da UC 3 obtido pelo o autor no levantamento é igual a 503 kWh/mês. A energia consumida pela à UC 3 é usada principalmente pela a iluminação interna e externa (0,4 kW), carga frigorífica: ar-condicionado e refrigeração (3,0 kW) e outras cargas (2,0 kW).

5.11.1 Gráfico da relação do CEE entre as três residências de Boa Vista

No levantamento das três residências, observa-se que a Pinst da UC 2 é maior que a Pinst da UC 1 que tem uma Pinst maior que a Pinst da UC 3 ($UC\ 2 > UC\ 1 > UC3$). A Pinst da UC 2 é 60,5 % superior à Pinst da UC 1 que tem a segunda maior carga em condições de entrar em funcionamento, conforme a Tabela 21. A P_E em kW destinada às cargas térmicas da UC 1 (condicionador de ar, refrigerador e freezer) corresponde a 5,4 kW (50,8 %) e da UC 2 atinge 7,9 kW (37,7 %). A UC 3 tem a menor Pinst e cerca de 55,8 % dessa potência, correspondente a 3 kW é usada pelas cargas frigoríficas usadas na residência. No cômputo do levantamento de cargas e consumo das três residências estudadas, observa-se que parte significativa do consumo é dedicado às máquinas frigoríficas, tais como: condicionadores de ar, refrigeradores e freezers usados para proporcionar conforto térmico e conservar alimentos respectivamente. Essas cargas são usadas mais intensamente e contribuem com o consumo excessivo de energia devido à alta $T_{méd}$ local. A Figura 17 demonstra como é usada a energia em cada residência analisada.

Figura 17 - Relação do consumo de energia entre três residências de Boa Vista



Fonte: Autor (2018).

Considerando o FD das residências apresentados nas Tabelas 19, 20 e 21 e a relação de consumo de energia exibida no gráfico da Figura 17 observa-se que apesar da UC 2 possuir maior Pinst que a UC 3, a UC 3 usa os equipamentos de forma mais simultânea que na UC 2, ou seja, UC 3 usa mais equipamentos ao mesmo tempo, como por exemplo, a utilização de dois condicionadores de ar ao mesmo tempo. O objetivo do levantamento apresentado nas Tabelas 19, 20 e 21 e na Figura 17 é identificar as razões do excessivo consumo médio da classe residencial e suas respectivas subclasses, que são as diversas classes aplicadas a cada tipo de consumidor, conforme a Resolução Normativa ANEEL nº 414/2010.

5.12 CONSUMO MÉDIO RESIDENCIAL POR REGIÃO E UF

A Tabela 23 apresenta dados do ano de 2015, referentes ao Consumo Médio Residencial em kWh/mês, o Consumo Per-capta em kWh/capta/ano, o PIB em (R\$ bilhões) e a Renda Média Domiciliar per-capta em R\$/ano de sete Estados brasileiros. Esses dados foram levantados com objetivo de serem analisados no capítulo 6, quando será explicado as causas do excessivo consumo médio residencial no Estado de Roraima. Observa-se que o Estado tem a segunda maior renda média domiciliar per-capta, o terceiro maior consumo per-capta, porém o menor PIB, entretanto apresenta o maior consumo residencial do Brasil

Tabela 23 - Consumo médio residencial por região e UF (ano base 2015)

ESTADO	CONSUMO RESIDENCIAL (kWh/mês)	CONSUMO PER CAPITA "kWh/capta/ano	PIB2015 (R\$ bilhões) (*)	Renda Média Domiciliar Per-capta R\$/ano (**)
Amapá	271,9	1.416	13,90	936,00
Amazonas	237,3	1.486	86,60	850,00
Pará	143,9	2.394	130,90	715,00
Roraima	319,5	1.778	10,40	1.008,00
Piauí	127,5	1.052	39,10	750,00
Rio Grande	142,9	1.601	57,30	845,00
São Paulo	194,7	2.831	1.939,90	1.712,00

Fonte EPE (2016). IBGE (2017).

6 ANÁLISE DE DADOS

Nesta seção os dados coletados na pesquisa são apresentados, comentados, explicados interpretados, relacionados para em seguida serem apresentadas as respostas para o problema.

6.1 CONSUMO DE ENERGIA E DEMANDA MEDIDA NO CBV E NA FEG

A Tabela 24 apresenta o 1º IDE – consumo de energia (CEE) em kWh e demanda utilizada (DU) em kW (métrica simples), anual de 4 anos. De 2014 a 2017 referente ao CBV e de 2012 a 2016 da FEG. Os dados do CBV e da FEG foram registrados nos HP e HFP.

Tabela 24 - Consumo de energia e demanda utilizada no CBV e na FEG

CONSUMO DE ENERGIA - CEE E DEMANDA UTILIZADA - DU NO CBV - PERÍODO: 2014 A 2017 (a)										
	2014		2015		2016		2017		2018	
	CEE (kWh)	DU (kW)								
Jan.	76.320	500	84.240	500	75.878	500	66.744	500	40.618	500
Fev.	113.760	500	102.808	500	107.178	545	98.808	509	61.619	500
Mar.	121.562	525	123.509	500	146.670	579	129.352	566	113.908	500
Abr.	112.959	500	117.260	500	138.206	648	133.339	500	108.416	500
Mai	102.643	500	112.629	500	130.730	594	120.699	519	99.056	500
Jun.	120.901	500	118.529	500	121.655	517	104.285	500	80.477	500
Jul.	115.393	500	113.731	500	90.385	500	71.207	500	54.951	500
Ago.	114.239	500	144.361	527	138.438	534	128.815	534	99.407	500
Set.	133.444	523	146.660	639	139.446	594	137.870	500	106.395	545
Out.	131.924	521	155.624	607	135.871	637	138.215	560	106.661	550
Nov.	132.117	552	132.086	573	138.852	604	126.219	573	97.404	532
Dez.	110.000	500	119.676	500	99.440	533	91.259	500	70.425	500
TO-	1.385.26		1.471.11		1.462.74		1.346.81		1.039.33	
CONSUMO DE ENERGIA - CEE E DEMANDA UTILIZADA - DU NA FEG - PERÍODO: 2012 A 2015 (b)										
	2012		2013		2014		2015		2016	
MÊS	CEE (kWh)	DU (kW)								
Jan.	59.994	268	65.479	317	88.729	379	116.613	536	133.837	588
Fev.	87.654	495	76.843	389	117.778	573	101.758	579	69.552	515
Mar.	125.856	509	107.170	544	119.251	648	94.326	448	0	0
Abr.	98.899	452	94.838	442	109.795	555	108.566	478	0	0
Mai	87.343	296	87.560	334	87.484	367	82.693	348	0	0
Jun.	80.881	292	74.186	242	65.855	222	78.731	275	0	0
Jul.	67.471	236	69.828	220	63.532	182	79.471	226	0	0
Ago.	91.787	300	88.408	326	77.224	320	70.318	340	0	0
Set.	99.645	538	103.576	380	98.700	501	116.712	600	0	0
Out.	118.284	603	99.381	473	124.371	644	117.396	610	0	0
Nov.	118.958	494	123.719	610	143.106	606	133.837	588	0	0
Dez.	86.873	571	70.946	515	77.270	531	69.552	515	0	0
TO-	1.123.64		1.061.93		1.173.09		1.169.97		203.389	

Fonte: Filippo Filho (2016). EDRR (2018).

O HP no CBV vai de 20 h até 23 horas e na FEG dura de 18 h e 30 minutos até às 21 h e 30 minutos. Os dados do CBV e da FEG apresentados na Tabela 24 revelam que as duas organizações públicas de ensino superior têm características de área coberta, consumo e demanda semelhantes, inclusive a demanda contratada (500 kW). O consumo anual das duas instituições, faturados nos anos de 2014 e 2015, por exemplo, revela que em 2014, o CEE faturado do CBV delimitado com linha vermelha superou em 17,2% o da FEG, grafado com linha azul. O consumo do CBV faturado em 2015, grafado com linha verde, superou o da FEG, grafado com linha laranja, em 19,3%. Esse resultado demonstra que as cargas instaladas no CBV, provavelmente são usadas de forma mais intensa e simultânea contribuindo com o consumo excessivo, enquanto que a demanda dos *campi* é praticamente a mesma.

6.1.1 IDE kWh/m²/ano E kWh/aluno/ano DO CBV E DA FEG

A Tabela 25 apresenta o 2º IDE – consumo de energia usado por metro quadrado em cada ano (kWh/m²/ano) durante o funcionamento do CBV e da FEG e a energia elétrica que cada aluno dessas organizações consome por ano (kWh/aluno/ano). Os dados evidenciam que em 2014 e 2015, as duas organizações têm praticamente a mesma área mas, o IDE kWh/m²/ano do CBV é em média 12,2% maior que o da FEG e o IDE kWh/aluno/ano supera o da FEG em 8,7%. A média de matrícula em 2014 e 2015 no CBV supera a média de matrícula da FEG em 7,2% mas, não justifica um consumo médio 18% superior ao da FEG. Esse resultado revela que o CBV tem um menor desempenho energético em relação ao da FEG, provavelmente, devido à negligência no uso racional da energia, causado por aspectos comportamentais, organizacionais e tecnológicos, evidenciando possível falta de gestão da energia no *campus* Boa Vista.

Tabela 25 - Indicadores kWh/m²/ano e kWh/aluno/ano do CBV e da FEG

Peri- ANO	Instituto Federal de Roraima - IFRR/ <i>campus</i> Boa Vista					Unesp - FEG				
	CE CBV (kWh)	Quant. alunos	Área (m ²)	(kWh)/ m ² /ano	(kWh)/ aluno/ano	CE FEG (kWh)	Quant. alunos	Área (m ²)	(kWh)/ m ² /ano	(kWh)/ aluno/ano
2012	1.447.920	2.618	27.500	53	553	1.123.644	2.302	27.000	42	488
2013	1.469.160	2.624	27.500	53	560	1.061.933	2.420	27.000	39	439
2014	1.385.262	2.617	27.500	49	517	1.173.094	2.487	27.000	43	472
2015	1.471.113	2.626	27.500	49	513	1.169.972	2.376	27.000	43	492
2016	1.462.749	2.607	27.500	46	490					
2017	1.346.812	2.645	27.500	43	444					
Σ	8.583.016	15.737				4.528.643	9.585			

Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2016).

6.2 CMT E CMM NO HP E HFP E DEMANDA NO CBV E NA FEG

Este é o 3º IDE – consumo médio trimestral (CMT) e consumo médio mensal (CMM) em kWh (métrica simples) e demanda em kW do CBV e da FEG apurados no HP e HFP no período da LBE (intervalo de tempo de 48 meses), conforme o histórico de CEE medido e demanda medida (DU) expostos na Tabela 24. Os dados da FEG são apresentados no período de 2012 a 2015 e os dados do CBV são exibidos no período de 2014 a 2017.

6.2.1 CMT no HP e HFP do CBV e da FEG no período de 2012 a 2017

A Tabela 26 exibe o CMT do CBV e da FEG. A estimativa do CMT do CBV para o ano de 2018 foi obtido pela média simples de cada trimestre de 2014 a 2017 exposto na Tabela 26 (a) conforme orienta Filippo Filho (2018, p. 131), ou seja, CMT/4 trimestres. O CMT estimado para o 1º trimestre de 2018 é de 103.903 kWh comparado ao CMT real apurado em 2018 revela um erro de 30,7%. O CMT estimado para o 2º trimestre de 2018 alcança 119.486 kWh, apresentado um erro de 19,7% em relação ao CMT real. No 3º trimestre, esse erro atinge 29,2% e no 4º trimestre alcança 27,3%. A Tabela 26 (b) exibe o CMT da FEG levantado por Filippo Filho (2016). Ao comparar-se o CMT de cada trimestre do ano de 2012 com o CMT de cada trimestre de 2015, observa-se uma variação de 12,5 % no 1º trimestre; de 1,0% no 2º trimestre; de 7,5 % no 3º trimestre e 1,0 % no 4º trimestre. “[...]. O trimestre civil difere das estações do ano (verão, outono, inverno, primavera) por poucos dias” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 131).

Tabela 26 - Consumo médio trimestral do CBV e da FEG – 2012 a 2017

MÉDIA HISTÓRICA DOS CONSUMOS TRIMESTRAIS DO CBV (a)					
TRIMESTRE	ANO 2014 CMT (kWh)	ANO 2015 CMT (kWh)	ANO 2016 CMT (kWh)	ANO 2017 CMT (kWh)	ANO 2018 CMT (kWh)
Primeiro	103.881	103.519	109.909	98.301	72.048
Segundo	112.168	116.139	130.197	119.441	95.983
Terceiro	121.025	134.917	122.756	112.631	86.918
Quarto	124.680	135.795	124.721	118.564	91.497
MÉDIA HISTÓRICA DOS CONSUMOS TRIMESTRAIS DA FEG (b)					
TRIMESTRE	ANO 2012 CMT (kWh)	ANO 2013 CMT (kWh)	ANO 2014 CMT (kWh)	ANO 2015 CMT (kWh)	ANO 2016 CMT (kWh)
Primeiro	91.168	83.164	108.586	104.232	*****
Segundo	89.041	85.528	87.711	89.996	*****
Terceiro	86.301	87.270	79.819	79.819	*****
Quarto	108.038	98.015	114.915	106.928	*****

Fonte: Filippo Filho (2016).

6.2.2 CMM no HP e HFP no CBV e na FEG no período de 2012 a 2017

A Tabela 27 apresenta o consumo total de energia (CP + CFP) em kWh do CBV e da FEG. As colunas 1, 3, 5 e 7 exibem os valores do CMM no período de janeiro a dezembro de 4 anos, nas colunas 2 e 6 são expostos os valores de janeiro a dezembro de 3 anos e nas colunas 4 e 8 são apresentados os valores de janeiro a dezembro de 4 anos. No período de janeiro a setembro de 2014, grafados com linha vermelha, não há dados referentes ao CP nas faturas de energia do CBV, por isso, optou-se por comparar o CMM do CBV e da FEG, apenas no período de 3 anos. O consumo fora de ponta capacitivo (CFPc) da FEG foi desconsiderado, pois, não há registro de CFPc no CBV e busca-se comparar o CMM da FEG e do CBV usando-se os mesmos parâmetros de consumo nas duas organizações.

Tabela 27 - Consumo médio mensal (CMM) no CBV e na FEG – 2012 a 2017

Consumo médio mensal do CBV - Período: Janeiro de 2014 a dezembro de 2017 (a)				
PERÍODO	CP + CFP de jan. a dez. de 4 anos	CMM	CP + CFP de jan. a dez. de 3 anos	CMM
Mês	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Jan.	303.182	75.796	226.862	75.621
Fev.	422.554	105.639	308.794	102.931
Mar.	521.093	130.273	399.531	133.177
Abr.	501.764	125.441	388.805	129.602
Mai	466.701	116.675	364.058	121.353
Jun.	465.370	116.343	344.469	114.823
Jul.	390.716	97.679	275.323	91.774
Ago.	525.853	131.463	411.614	137.205
Set.	557.420	139.355	423.976	141.325
Out.	561.634	140.409	429.710	143.237
Nov.	529.274	132.319	397.157	132.386
Dez.	420.375	105.094	310.375	103.458

Consumo médio mensal da FEG - Período: Janeiro de 2012 a dezembro de 2015 (b)				
PERÍODO	CP + CFP de jan. a dez. de 4 anos	CMM	CP + CFP de jan. a dez. de 3 anos	CMM
Mês	(kWh)	(kWh)	(kWh)	(kWh)
Jan.	330.814	82.704	270.820	90.273
Fev.	384.033	96.008	296.379	98.793
Mar.	446.603	111.651	320.747	106.916
Abr.	412.098	103.024	313.199	104.400
Mai	345.080	86.270	257.737	85.912
Jun.	299.653	74.913	218.772	72.924
Jul.	280.302	70.075	212.831	70.944
Ago.	327.737	81.934	235.949	78.650
Set.	418.632	104.658	318.987	106.329
Out.	459.432	114.858	341.148	113.716
Nov.	519.619	129.905	400.661	133.554
Dez.	304.640	76.160	217.767	72.589

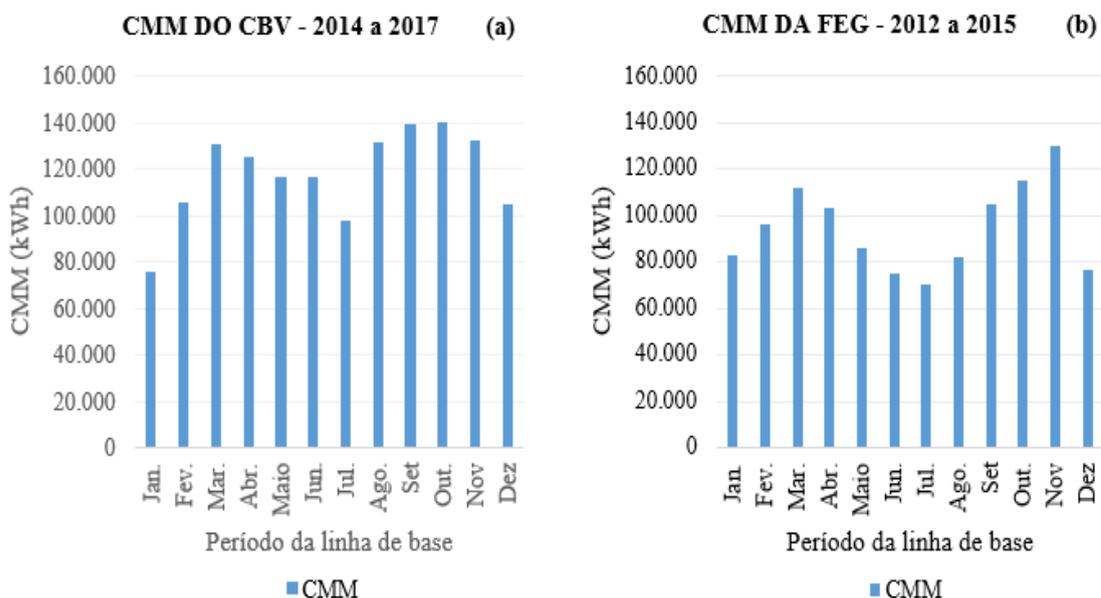
Fonte: Autor (2018).

Observa-se na Tabela 27(a) coluna 4 e 27(b) coluna 8, que o CMM das duas organizações no mês de novembro é praticamente igual, aproximadamente 133.000 kWh, conforme valores grafados com linha laranja. No período de fevereiro a outubro e dezembro, o CMM do CBV supera o da FEG em todos os meses. A maior diferença ocorre no mês de agosto, quando o CMM do CBV supera o da FEG em 58.555 kWh e a menor diferença é de 1.168 kWh, no mês de novembro, quando o consumo das duas organizações é praticamente igual. O menor CMM na FEG ocorre no mês de julho e é igual 70.944 kWh e no CBV, o menor consumo acontece também em julho, sendo igual 91.774 kWh, provavelmente em razão do menor uso de cargas, em virtude do período de recesso.

6.2.2.1 Gráfico do CMM do CBV e da FEG no período de 2015 a 2017

“O resultado do consumo médio mensal para todos os anos da série é mostrado na forma gráfica para destacar que o consumo apresenta uma característica sazonal decorrente do calendário.” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 131). A Figura 18 (a) e (b) apresentam a forma gráfica do CMM do CBV e da FEG no período da LBE da Tabela 27 (a) 4ª coluna e 27 (b) 6ª coluna. Observa-se que há variação sazonal do consumo de energia nas duas organizações, provavelmente devido ao calendário escolar e ao período de férias (janeiro) e o período de recesso que ocorre em meados de julho e dezembro.

Figura 18 – Gráfico do CMM do CBV e da FEG no período de 2012 a 2017



Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2016).

6.2.3 Previsão do IDE consumo total do CBV para o ano de 2018

O IDE de métrica simples (consumo total anual) do CBV foi apurado dentro de um intervalo de tempo de 4 anos (48 meses), conforme o histórico referente ao período de 2014 a 2017 exposto na Tabela 24 (a) - colunas 2, 4, 6 e 8. O consumo total anual (CTA) do CBV apresenta-se como segue: no ano de 2014 foi igual a 1.385.262 kWh, em 2015 foi de 1.471.113 kWh, em 2016 foi de 1.462.749 kWh e em 2017 foi igual a 1.346.812 kWh. A estimativa do CTA para o ano de 2018 no HP e HFP da organização foi obtida, por meio da média simples do CTA, conforme orienta Filippo Filho (2018, p. 131), ou seja, CTA/4 anos, que igual a 1.416.484 kWh.

6.2.4 IDE – CEE total previsto para 2018 versus CEE real de 2018 no CBV

O CTA real do CBV aferido no ano de 2018 é apresentado na Tabela 24 (a), coluna 10 e é igual a 1.039.337 kWh. O CTA estimado para o ano de 2018 (1.416.484 kWh) comparado com valor realmente apurado em 2018 revelam um erro de 26,6%. Esse resultado pode estar relacionado à produção de energia PV e aos períodos longos de desligamento da instalação do *campus* para a realização de manutenção corretiva na subestação, nos alimentadores dos blocos e nos circuitos elétricos destinados à iluminação e ar-condicionado dos edifícios da unidade durante os meses de janeiro, julho e dezembro de 2018.

6.3 TRATAMENTO E ANÁLISE DA DEMANDA DO CBV E DA FEG

Este é o 4º IDE - O conjunto de dados referentes à potência média em um dado intervalo de tempo, isto é, a demanda medida do CBV e da FEG exposta na Tabela 24 (a) e (b) recebeu tratamento para a obtenção da demanda média, do desvio padrão e da maior e menor demanda da instalação das duas organizações. A demanda do CBV foi medida no período de janeiro de 2014 a dezembro de 2017 e a da FEG no período de janeiro de 2012 a dezembro de 2015.

6.3.1 Demanda média, desvio padrão, maior e menor demanda CBV/FEG

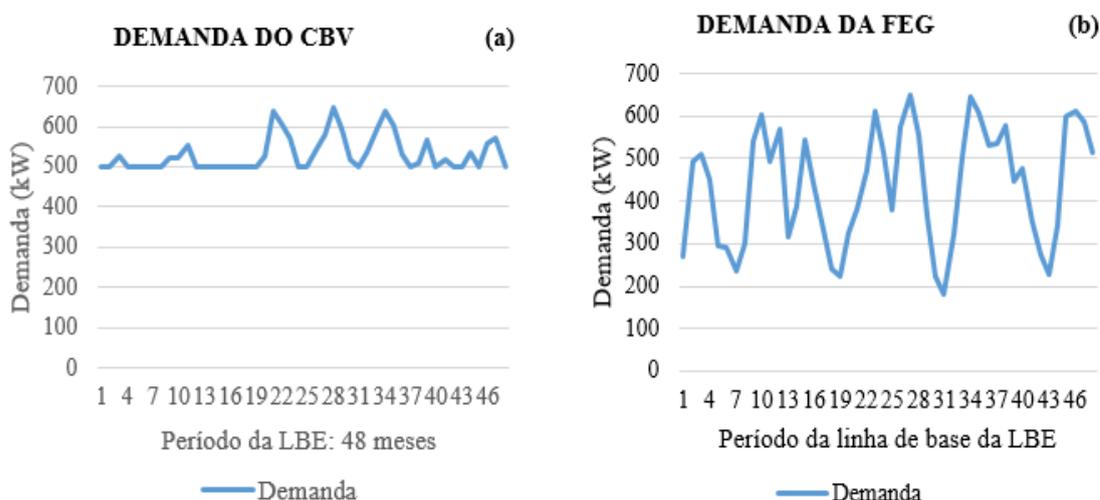
As demandas medidas no CBV e na FEG foram tratadas. A demanda média do CBV alcança 532 kW com desvio padrão de 43 kW, a instalação da unidade alcança a maior demanda de 648 kW no mês abril de 2016 e a menor chega a 288 kW em janeiro de 2014. A demanda média da FEG atinge 436 kW com desvio padrão de 163 kW, a maior demanda da instalação

atinge 648 kW em março de 2014 (essa maior demanda da FEG coincide com a maior demanda do CBV no mês de abril) e a menor demanda da instalação da unidade atinge 220 kW em julho de 2013.

6.3.1.1 Gráfico da demanda medida no CBV e na FEG no período de 2012 a 2017

A Figura 19 apresenta os gráficos das demandas medidas no CBV e na FEG no período de 2012 a 2017. Observa-se um padrão de demanda oscilando em torno de 500 kW. Observa-se na Figura 19 (a) que a demanda registrada no CBV apresenta-se sempre alta igual ou superior a 500 kW, enquanto que a demanda medida na FEG exibida na Figura 19 (b) oscila entre 182 kW e 648 kW, conforme dados expostos na Tabela 24 (a) e (b). Essa diferença pode estar relacionada com o uso racional da energia (conservação de energia).

Figura 19 - Gráfico da demanda medida do CBV e da FEG - 2012 a 2017



Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2016).

6.4 FATOR DE CARGA DO CBV E DA FEG

Este é o 5 IDE – Fator de carga do CBV e da FEG. O FC é um indicador que informa se um cliente de média tensão está utilizando racionalmente a energia elétrica. O FC é definido como a relação entre a demanda média ($D_{méd}$) e a demanda máxima ($D_{máx}$) da instalação de uma UC ao longo de um intervalo de tempo (T), podendo ser calculado pela equação 6.

$$FC = \frac{D_{\text{méd}}}{D_{\text{máx}}} = \frac{E_T}{D_{\text{máx}} * T} = \frac{CP + CFP}{D_{\text{máx}} * T} \quad (6)$$

O histórico do FC do CBV e da FEG obtidos a cada mês do período da LBE (janeiro de 2012 a dezembro de 2017) são exibidos na Tabela 28 (a) e (b). O FC do CBV é apresentado na Tabela 28(a) e o da FEG na Tabela 28(b) O valor do FC varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 1 melhor. Esse indicador traduz a relação entre o consumo de energia e a demanda da instalação de uma UC em um determinado intervalo de tempo (T). A melhoria, isto é, o aumento do FC, além de diminuir o preço médio (PM) pago pela energia consumida leva a um melhor aproveitamento da instalação elétrica. Os resultados apresentados na Tabela 28 revelam que as organizações pagam por uma demanda muito maior do que deveria devido a um baixo FC.

Tabela 28 - Dados históricos do FC do CBV e da FEG no período de 2012 a 2017

DADOS HISTÓRICOS DO FATOR DE CARGA - FC DO CBV NO PERÍODO DE 2014 A 2018 (a)												
Mês	ANO 1 - 2014			ANO 2 - 2015			ANO 3 - 2016			ANO 4 - 2017		
	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC
Jan.	76.320	500	0,37	84.240	500	0,23	75.878	500	0,21	66.744	500	0,19
Fev.	113.760	500	0,33	102.808	500	0,29	107.178	545	0,27	98.808	509	0,27
Mar.	121.562	525	0,32	123.509	500	0,34	146.670	579	0,35	129.352	566	0,32
Abr.	112.959	500	0,32	117.260	500	0,33	138.206	648	0,3	133.339	500	0,37
Mai	102.643	500	0,34	112.629	500	0,31	130.730	594	0,31	120.699	519	0,32
Jun.	120.901	500	0,34	118.529	500	0,33	121.655	517	0,33	104.285	500	0,29
Jul.	115.393	500	0,33	113.731	500	0,32	90.385	500	0,25	71.207	500	0,2
Ago.	114.239	500	0,34	144.361	527	0,38	138.438	534	0,36	128.815	534	0,34
Set.	133.444	523	0,35	146.660	639	0,32	139.446	594	0,33	137.870	500	0,38
Out.	131.924	521	0,35	155.624	607	0,36	135.871	637	0,3	138.215	560	0,34
Nov.	132.117	552	0,33	132.086	573	0,32	138.852	604	0,32	126.219	573	0,31
Dez.	110.000	500	0,31	119.676	500	0,33	99.440	533	0,26	91.239	500	0,25

DADOS HISTÓRICOS DO FATOR DE CARGA - FC DA FEG NO PERÍODO DE 2012 A 2015 (b)												
Mês	ANO 1 - 2012			ANO 2 - 2013			ANO 3 - 2014			ANO 4 - 2015 (b)		
	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC	ET (kWh)	D _{máx} (kW)	FC
Jan.	59.994	268	0,31	65.479	317	0,29	88.729	379	0,33	116.613	536	0,30
Fev.	87.654	495	0,25	76.843	389	0,27	117.778	573	0,29	101.758	579	0,24
Mar.	125.856	509	0,34	107.170	544	0,27	119.251	648	0,26	94.326	448	0,29
Abr.	98.899	452	0,30	94.838	442	0,30	109.795	555	0,27	108.566	478	0,32
Mai	87.343	296	0,41	87.560	334	0,36	87.484	367	0,33	82.693	348	0,33
Jun.	80.881	292	0,38	74.186	242	0,42	65.855	222	0,41	78.731	275	0,40
Jul.	67.471	236	0,40	69.828	220	0,44	63.532	182	0,48	79.471	226	0,49
Ago.	91.787	300	0,42	88.408	326	0,38	77.224	320	0,34	70.318	340	0,29
Set.	99.645	538	0,26	103.576	380	0,38	98.700	501	0,27	116.712	600	0,27
Out.	118.284	603	0,27	99.381	473	0,29	124.371	644	0,27	117.396	610	0,27
Nov.	118.958	494	0,33	123.719	610	0,28	143.106	606	0,33	133.837	588	0,32
Dez.	86.873	571	0,21	70.946	515	0,19	77.270	531	0,20	69.552	515	0,19

Fonte: Autor (2018).

Os valores do FC do CBV e da FEG apresentados na Tabela 28 foram obtidos por meio da Equação 6, considerando a soma do CP e CFP, e a máxima demanda, independentemente se de ponta ou fora de ponta e em seguida foram tratados. O FC médio do CBV é de 0,31 ou 31% com desvio padrão (S) de 4%. O maior valor do FC alcançado no CBV é igual a 0,38 ou 38% delimitado com linha vermelha que ocorreu em setembro de 2017 e em agosto de 2015, e o menor valor igual a 0,19 ou 19% delimitado com linha azul ocorrido em janeiro de 2017. O FC médio da FEG alcançou um valor de 0,32 ou 32% com S de 7%. O maior valor do FC obtido na FEG foi de 0,49 ou 49% delimitado com linha verde ocorrido em julho de 2015, e o menor foi igual a 0,19 ou 19% grafado com linha laranja ocorrido em dezembro de 2013 e 2015. Os resultados demonstram que a relação entre o consumo de energia e a demanda da instalação da FEC é maior que o do CBV. O FC das duas instalações são praticamente iguais devido às características do tipo de atividade das organizações.

6.5 ÍNDICE DE MODULAÇÃO

Este é o 6º IDE - O índice de modulação (IM) é a porcentagem (%) da energia total (E_T) consumida no HP pela instalação elétrica da UC, ou seja, corresponde à relação entre CP e E_T , ambos em kWh, cujo valor ideal é zero, podendo ser calculado por meio da equação 7.

$$IM = \frac{CP}{E_T} * 100\% = \frac{CP}{CP + CFP} * 100\% \quad (7)$$

6.5.1 Índice de modulação do CBV e da FEG

A Tabela 29 (a) e (b) apresenta o IM do CBV e da FEG obtido por meio da equação 7. O IM do CBV é exibido na Tabela 29(a) calculado para o período de outubro de 2014 a dezembro de 2017 com apenas 39 meses de consumo da instalação, pois, no período de janeiro a setembro de 2014 delimitado com linha vermelha, o CP foi considerado nulo por falta de dados nas faturas de energia do *campus*. O IM da FEG é exposto na Tabela 29(b) calculado para o período de janeiro de 2012 a dezembro de 2014, com um total de 48 meses de consumo informado por Filippo Filho (2016). Importante informar que o HP nas duas organizações são distintos, conforme segue: das 17 horas e 30 minutos às 20 horas e 30 minutos na FEG e das 20 horas às 23 horas no CBV.

Tabela 29 - Dados históricos do IM do CBV e da FEG

DADOS HISTÓRICOS DO IM DO CBV PARA O PERÍODO DE 2014 A 2018 (a)												
Mês	ANO 1 - 2014			ANO 2 - 2015			ANO 3 - 2016			ANO 4 - 2017		
	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)
Jan.	76.320	0	Nulo	84.240	6.480	7,69	75.878	5.369	7,08	66.744	5.429	8,13
Fev.	113.760	0		102.808	9.786	9,52	107.178	13.844	12,92	98.808	11.548	11,69
Mar.	121.562	0		123.509	10.144	8,21	146.670	20.823	14,2	129.352	16.961	13,11
Abr.	112.959	0		117.260	10.998	9,38	138.206	18.700	13,53	133.339	18.245	13,68
Mai.	102.643	0		112.629	10.298	9,14	130.730	17.436	13,34	120.699	15.263	12,65
Jun.	120.901	0		118.529	10.841	9,15	121.655	16.368	13,45	104.285	13.278	12,73
Jul.	115.393	0		113.731	10.292	9,05	90.385	10.218	11,3	71.207	8.094	11,37
Ago.	114.239	0		144.361	12.280	8,51	138.438	19.224	13,89	128.815	19.296	14,98
Set.	133.444	0		146.660	12.328	8,41	139.446	18.307	13,13	137.870	13.983	10,14
Out.	131.924	12.329	9,35	155.624	11.894	7,64	135.871	18.245	13,43	138.215	20.089	14,53
Nov.	132.117	12.394	9,38	132.086	10.530	7,97	138.852	17.064	12,29	126.219	18.226	14,44
Dez.	110.000	8.800	8,00	119.676	8.472	7,08	99.440	10.231	10,29	91.259	10.997	12,05

DADOS HISTÓRICOS DO IM DA FEG PARA O PERÍODO DE 2012 A 2015 (b)												
Mês	ANO 1 - 2012			ANO 2 - 2013			ANO 3 - 2014			ANO 4 - 2015		
	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)	ET (kWh)	CP (kWh)	IM (%)
Jan.	59.994	6.984	11,64	65.479	6.901	10,54	88.729	8.320	9,38	116.613	14.735	12,64
Fev.	87.654	10.184	11,62	76.843	8.514	11,08	117.778	12.993	11,03	101.758	12.242	12,03
Mar.	125.856	17.937	14,25	107.170	13.854	12,93	119.251	16.105	13,51	94.326	12.344	13,09
Abr.	98.899	14.887	15,05	94.838	14.949	15,76	109.795	15.315	13,95	108.566	14.280	13,15
Mai.	87.343	14.415	16,50	87.560	13.338	15,23	87.484	13.034	14,90	82.693	12.852	15,54
Jun.	80.881	12.352	15,27	74.186	11.559	15,58	65.855	9.159	13,91	78.731	12.238	15,54
Jul.	80.881	12.352	15,27	74.186	11.559	15,58	65.855	9.159	13,91	78.731	12.238	15,54
Ago.	91.787	14.254	15,53	69.828	10.733	15,37	63.532	9.072	14,28	79.471	12.252	15,42
Set.	99.645	15.586	15,64	103.576	16.667	16,09	98.700	15.065	15,26	116.712	17.071	14,63
Out.	118.284	17.591	14,87	99.381	14.607	14,70	124.371	18.149	14,59	117.396	15.938	13,58
Nov.	118.958	16.577	13,94	123.719	17.245	13,94	143.106	19.472	13,61	133.837	17.794	13,3
Dez.	86.873	10.649	12,26	70.946	8.053	11,35	77.270	9.226	11,94	69.552	8.231	11,83

Fonte: Autor (2018).

Os dados referentes ao IM das duas organizações foram tratados. Os resultados demonstram que o IM médio da FEG no período de 48 meses (2012 a 2014) é igual a 13,87% com S de 1,67% e o IM do CBV no período de 39 meses (2014 a 2017) é igual a 10,94% com S de 2,45%. O maior IM do CBV de 14,98% grafado com linha azul ocorrido em agosto de 2017, enquanto que o menor atingiu 7,08% grafado com linha verde ocorrido em dezembro de 2015 e janeiro de 2016. O maior IM da FEG alcançou 16,50% delimitado com linha vermelha ocorrido em maio de 2012 e o menor foi de 9,38% delimitado laranja ocorrido em janeiro de 2014,

mês em que a instituição está com grande parte das cargas desligadas. Os resultados demonstram que apesar da discrepância dos HP das duas organizações, o IM da FEG apresenta-se maior que o do CBV.

6.6 ESTIMATIVA DO CONSUMO DE INATIVIDADE DO CBV E FEG

Este é o 7º IDE - a Tabela 30 analisa o consumo de energia medido (CEE_{medido}) a cada hora em kWh, entre 0 h e 24 horas do dia 21 de março de 2018 no ponto de fornecimento de média tensão do CBV. As medições foram realizadas pela EDRR, a pedido do autor, utilizando analisador de energia tipo MAR-20, durante os períodos com e sem atividades no *campus*.

Tabela 30 - Medição horária ao longo de um dia típico de atividades normais

CONSUMO MÉDIO HORÁRIO MEDIDO DURANTE UM DIA VERSUS T_{med} HORÁRIA				
21/mar/2018 Horário	CEE_{medido} (kWh)	$CEE_{medido}/consumo$ total (%)	CEE no período (kWh)	PERÍODO (horas)
00h-01h	61	1,06		
01h-02h	56	0,97		
02h-03h	52	0,90		
03h-04h	56	0,97	334	Madrugada
04h-05h	52	0,90		
05h-06h	57	0,99		
06h-07h	102	1,77		
07h-08h	263	4,58		
08h-09h	367	6,39	1.853	Matutino
09h-10h	383	6,66		
10h-11h	400	6,96		
11h-12h	338	5,88		
12h-13h	251	4,37	2.248	Vespertino
13h-14h	385	6,70		
14h-15h	404	7,03		
15h-16h	404	7,03		
16h-17h	412	7,17		
17h-18h	392	6,82	1.312	Noturno
18h-19h	332	5,78		
19h-20h	337	5,86		
20h-21h	293	5,10		
21h-22h	180	3,13		
22h-23h	90	1,57		
23h-24h	80	1,39		
TOTAL	5747	100	5747	

Fonte: Autor (2018).

Os períodos sem atividades são: madrugada de 0 a 6 horas com consumo de 334 kWh e no período noturno de 23 às 24 horas com consumo de 80 kWh. Os período com atividade são:

matutino após às 6 e até às 12 com consumo 1.853 kWh, vespertino após às 12 e até às 18 horas com consumo de 2.248 kWh e noturno após 18 e até às 23 horas com consumo de 1.312 kWh.

O consumo de energia nos períodos de inatividade dos dias úteis no CBV obtido pela soma dos consumos no períodos da madrugada (0 às 6 horas) e noturno (de 23 às 24 horas) atinge 414 kWh, que corresponde a um percentual de 7,18% (5,79% + 1,39%), conforme apresentado na Tabela 30, coluna 3, linhas de 1 a 6 e 24. O consumo no HP (de 20 até às 23 horas), coluna 2, linhas 21, 22 e 23 alcança um montante de 563 kWh equivalente a 9,8%.

Considerando o histórico do CP e CFP de 4 anos, para o período de 2014 a 2017, exposto na Tabela 13, no período de 3 anos (2015 a 2017), as parcelas relativas ao consumo nos períodos com e sem atividades na organização, apresentam-se como segue: CFP teve uma contribuição de 91,5% no ano de 2015, 87,3% no ano de 2016, 87,3% em 2017 e 88,7% no período de 3 anos. Esses percentuais foram obtido por meio da expressão $[\text{CFP}/(\text{CP} + \text{CFP})]*100\%$. O CP teve a seguinte participação: 8,5% em 2015, 12,7% em 2016, 12,7% em 2017 e durante os 3 anos teve uma contribuição de 11,7%. Esses percentuais foram obtidos por meio da expressão $[\text{CP}/(\text{CP} + \text{CFP})]*100\%$. Desconsiderou-se o ano de 2014 por falta de dados do CP no período de janeiro a setembro. O consumo da instituição no período inativo é maior que 6% quando considerado o período noturno entre 18 e 24 horas dos sábados, domingos, feriados e férias escolares (período sem expediente na organização), que corresponde a 12%. Nesse caso, o consumo nesses períodos se somam aos das madrugadas, conforme entendimento de Filippo Filho (2016, p. 4) haja visto que o perfil de consumo é o mesmo. A participação desse consumo estendido de inatividade, aumenta para 18%, ou seja, cerca de 1/5 do consumo total do *campus*. O consumo diurno nos domingos e feriados não foi considerado, fazendo que a estimativa acima seja conservadora.

Os resultados da FEG não foram muito diferentes, mas foram melhores.

Para a participação relativa dos consumos totalizados em 48 meses tem-se: CFPi (69,5%); CFPc (19,3%); CP (11,2%). O consumo no período inativo é ainda maior que o indicado. Ocorre que, no período noturno (18 - 24 hs) dos sábados, domingos, feriados e férias escolares o campus não tem expediente. Assim, esses períodos se somam aos das madrugadas, haja vista que o perfil de consumo é o mesmo. Tendo em conta esse período estendido de inatividade, a participação do consumo aumenta para 26%, ou seja, cerca de 1/4 do consumo total do campus. O consumo diurno nos domingos e feriados não foi considerado, fazendo que a estimativa acima seja conservadora (FILIPPO FILHO, 2016, p. 4).

O principal uso de energia no período noturno sem atividades no CBV é a iluminação externa (IE), cuja a potência instalada é de 56 kW, conforme gráfico da tipologia de cargas apresentado na Figura 7. Considerando 4.100 horas anuais de operação, a IE da organização

responde por cerca de 12% do consumo total da instalação. Considerando 2.190 horas para as madrugadas e 700 horas para as noites sem atividades, o consumo da IE totaliza 47,3% do consumo nos períodos sem atividades. Esse montante representa 14,5% do consumo total dessa instalação. Trata-se de valor consideravelmente elevado.

6.7 RELAÇÕES CAUSAIS

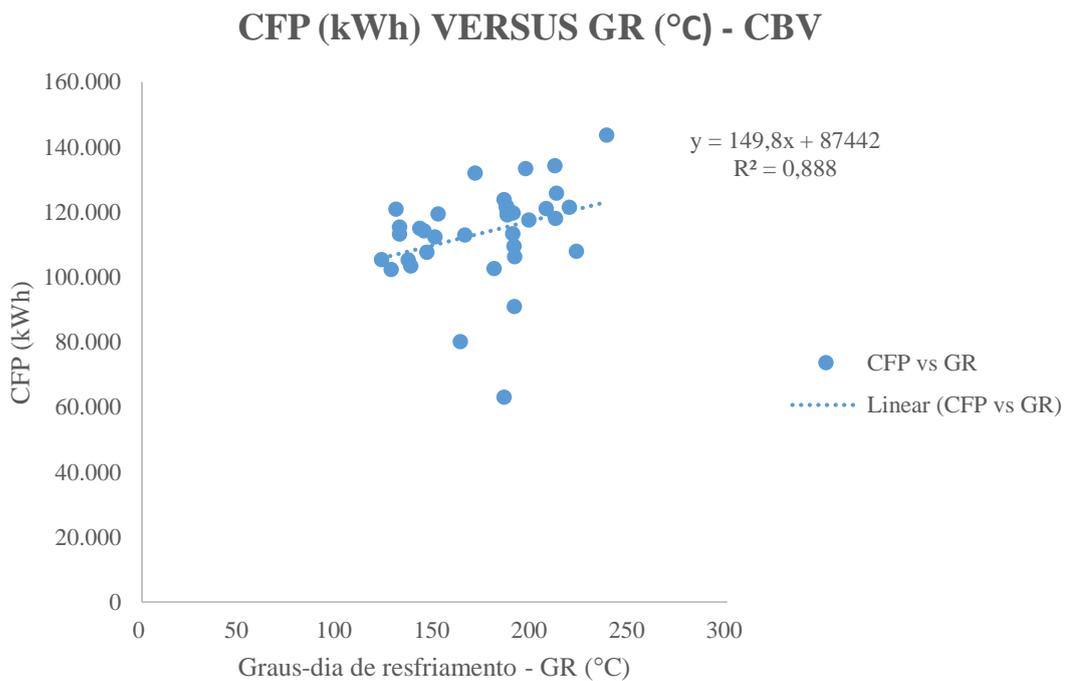
Este é o 8º IDE – Relações causais. “Relações causais são relações de causa e efeito. Por exemplo, o aumento da produção é uma causa que tem como efeito o aumento do consumo de energia. Para relacionar a causa, ou causas, com o efeito é preciso estabelecer uma equação de regressão” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 142). Stevenson (1981, p. 341) entende que a análise da correlação e regressão compreende a análise de dados amostrais para saber se e como duas ou mais variáveis estão relacionadas umas com as outras numa população. Cite que o objetivo será principalmente o estudo de situações de duas variáveis e a análise de correlação dá um número que resume o grau de relacionamento entre essas variáveis, e análise de regressão tem como resultado uma equação matemática que descreve esse relacionamento. Cita ainda que a equação pode ser usada para estimar, ou prever, valores futuros de uma variável quando se conhecem ou se supõem conhecidos valores da outra variável. A análise de correlação é útil em trabalho exploratório, quando um pesquisador ou analista procura determinar quais variáveis são potencialmente importantes e o interesse está basicamente no grau ou força do relacionamento. Para determinar a equação de regressão e o coeficiente de determinação (R^2) desse modelo considerou-se um histórico de quatro anos para cada uma das variáveis Y (CFP_i e D_i), X_i (T) e X_i (GR_i), com i variando de 1 a 48.

6.7.1 Regressão e correlação entre o IDE CFP do CBV e GR de Boa Vista

Para realizar a regressão do IDE CFP versus GR considerou-se apenas os dados do período de março a novembro de 4 anos (36 meses) exibidos na Tabela 13 e o histórico das T_{máx}, T_{mín} e T_{méd} do mesmo período expostas na Tabela 18. Esse período foi escolhido por ser um período de plena atividade da organização. Por outro lado, o R^2 é um indicador definido entre zero e um ($0 \leq R^2 \leq 1$) usado para medir a qualidade do ajustamento de uma linha de regressão, ou seja, mede de que forma e em que percentual, a variável dependente Y é explicada pela variável independente X. “Para fins de análise de desempenho energético, a experiência mostra que o valor de R^2 deve ser igual ou maior que 0,8” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 143).

A expressão ($R^2 = 0,88$) no interior do gráfico da Figura 20 indica que a variável independente GR dada em °C é capaz de explicar 88% da variável dependente CFP, dada em kWh. Esse resultado revela que o excessivo consumo de energia da instalação do CBV depende de fatores sazonais relacionados às condições climáticas do Estado de Roraima. Usando-se a equação de regressão ($\hat{Y}_i = 149,8*GR_i + 87.442$) exposta dentro do gráfico estima-se que o CFP do CBV, para o período $i = 51$, ou seja, março de 2018, que teve $T_{méd}$ de 26,51 °C, disponível em: http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTEzNQ==. O GR foi obtido por meio da equação 5, cujo o resultado é igual a 135,4 °C. Substituindo-se esse valor do GR na equação de regressão estima-se que o IDE CFP para o mês de março de 2018 atinge um valor de 107.725 kWh, um valor 10,39% maior que o CFP real, que é igual a 96.534 kWh.

Figura 20 - Correlação e Regressão entre CFP e GR no CBV

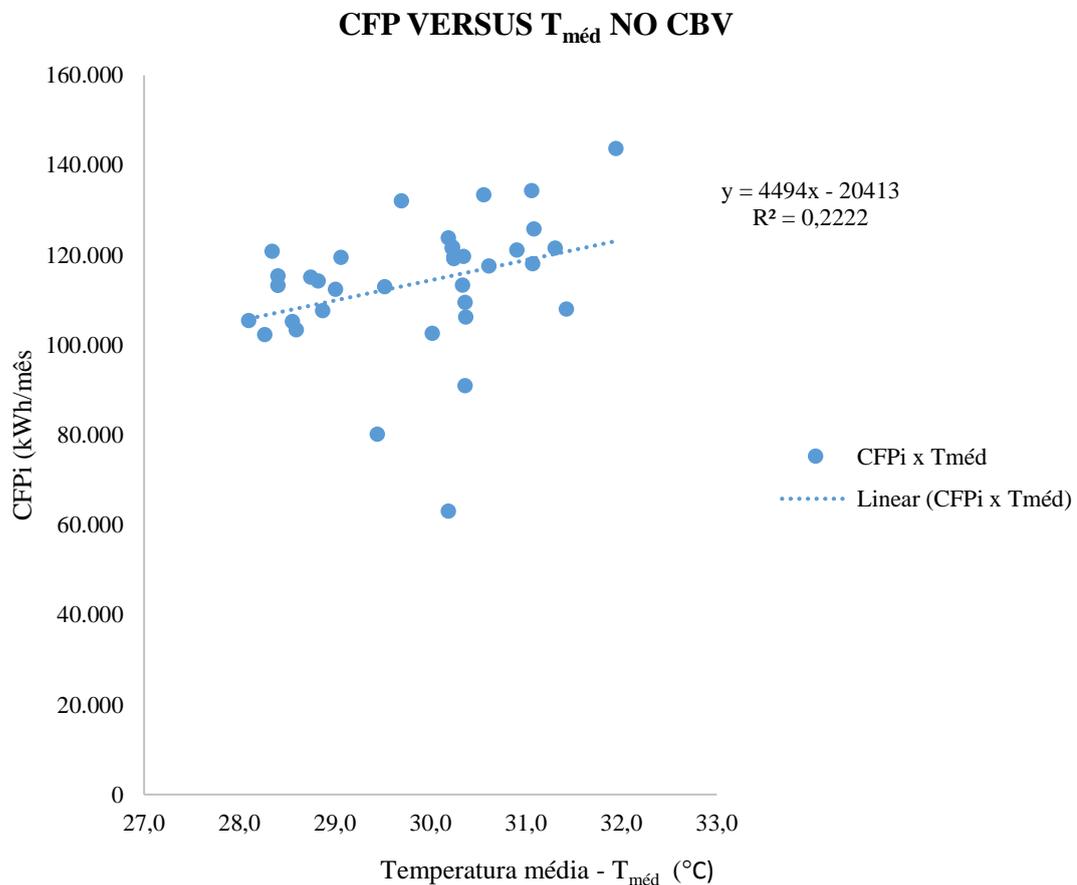


Para Filippo Filho (2018) existem situações nas quais o nível de operação de máquinas, motores e equipamento depende de outros fatores além da produção. Cita ser o caso típico de sistemas de refrigeração e ar condicionado, que para um mesmo nível de produção, a carga de resfriamento varia acentuadamente em função da temperatura ambiente, impactando o indicador de desempenho energético (IDE).

6.7.2 Regressão e correlação entre o IDE CFP do CBV e $T_{méd}$ de Boa Vista

O gráfico da Figura 21 apresenta o resultado da regressão do IDE CFP do CBV versus $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista. As medições foram realizadas no período da LBE da Tabela 13, entre janeiro de 2014 e dezembro de 2017. O resultado da regressão é exposto no diagrama de dispersão e demonstra que o excessivo consumo de energia elétrica no CBV não pode ser explicado pela variação da $T_{méd}$ de Boa Vista, pois, o R^2 atinge um valor de apenas 0,2222 incompatível com o valor mínimo de 0,8 exigido para uma análise de desempenho energético.

Figura 21 - Correlação IDE CFP do CBV versus $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista



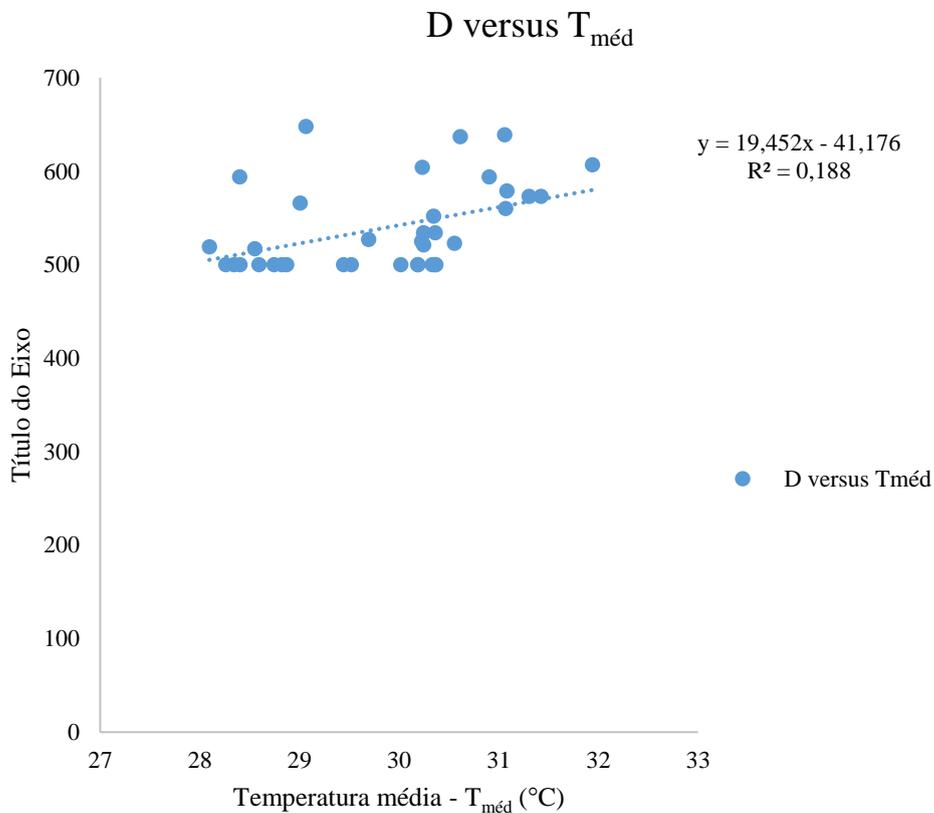
Fonte: Autor (2018).

Filippo Filho (2016, p. 7) apresenta o resultado de um estudo de caso realizado na FEG. A regressão entre o IDE CFP da FEG versus GR da cidade de Guaratinguetá revela um R^2 igual a 0,8444 e a regressão do IDE CFP versus $T_{méd}$ de Guaratinguetá demonstra um R^2 de apenas 0,7383. Esse resultado indica que o CFP do CBV e da FEG tem as mesmas características.

6.7.3 Regressão entre o IDE D do CBV e $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista

Para verificar a possível influência da $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista sobre a demanda (D) da instalação elétrica do CBV verificou-se as relações causais entre D e $T_{méd}$. Para isso foi realizada a regressão entre D e $T_{méd}$. A expressão de regressão e o valor obtido para o R^2 é exibido no interior do gráfico da Figura 22, cujo o valor chega a 0,188. Esse resultado indica uma fraca correlação entre as variáveis D e $T_{méd}$ e demonstra que a D da instalação do CBV não pode ser explicado pela variação da variável independente $T_{méd}$.

Figura 22 - Correlação do IDE D versus $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista



Fonte: Autor (2018).

Filippo Filho (2016, p. 7) revela que a regressão do IDE DFP da instalação elétrica da FEG versus $T_{méd}$ da cidade de Guaratinguetá apresenta um R^2 igual a 0,8386, enquanto que o IDE CFP versus $T_{méd}$ de Guaratinguetá exibe um R^2 de apenas 0,7383. Esse resultado indica que, enquanto na FEG, a DFP da organização é influenciada pela $T_{méd}$, no CBV, o CFP da instituição é influenciado pelo o GR da cidade de Boa Vista.

6.7.4 Análise da $T_{méd}$ das cidades de Guaratinguetá e Boa Vista

A Tabela 31 apresenta os dados históricos de 4 anos (2012 a 2015) referentes aos valores das $T_{mín}$, $T_{máx}$ e $T_{méd}$ da cidade de Guaratinguetá, SP disponível no site do INMET, em: <[T_{mín}\) foram obtidas somando-se as temperaturas mínimas médias diárias de cada dia do mês e dividindo-se o montante pela quantidade de dias de cada mês específico. Analogamente, as temperaturas máximas médias mensais \(\$T_{máx}\$ \) foram obtidas pela soma das temperaturas máximas médias diárias dividido pela quantidade de dias de cada mês específico. E as temperaturas médias mensais foram obtidas por meio da expressão \[\$T_{méd} = \(T_{mín} + T_{máx}\)/2\$ \].](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTEzNQ==>>)

Tabela 31 - Histórico das temperaturas da cidade de Guaratinguetá – SP

HISTÓRICO DAS TEMPERATURAS MÍNIMA, MÁXIMA E MÉDIA DE GUARATINGUETÁ												
Mês	ANO 1 - 2012			ANO 2 - 2013			ANO 3 - 2014			ANO 4 - 2015		
	$T_{mín}$. °C	$T_{máx}$. °C	$T_{méd}$. °C	$T_{mín}$. °C	$T_{máx}$. °C	$T_{méd}$. °C	$T_{mín}$. °C	$T_{máx}$. °C	$T_{méd}$. °C	$T_{mín}$. °C	$T_{máx}$. °C	$T_{méd}$. °C
Jan.	18,20	29,08	23,22	18,90	29,29	23,61	20,30	32,63	25,98	21,00	34,35	27,17
Fev.	20,31	32,23	25,69	19,71	30,50	24,50	20,82	31,92	25,79	20,21	31,52	25,30
Mar.	17,72	29,81	23,81	18,21	27,87	23,04	18,98	29,03	24,01	18,88	28,64	23,81
Abr.	16,16	27,55	22,29	15,61	25,47	20,95	16,44	26,98	22,19	16,44	27,83	22,67
Mai	12,72	24,35	19,01	14,30	24,84	20,19	14,11	25,03	20,19	14,67	25,23	22,56
Jun.	11,51	23,27	16,93	13,47	23,36	17,93	13,12	25,00	18,57	13,30	25,49	18,94
Jul.	11,55	24,62	18,10	11,64	23,25	17,43	12,19	23,93	18,10	13,75	25,01	19,45
Ago.	13,74	26,36	19,99	11,92	25,41	18,67	13,83	27,31	20,56	14,78	27,97	21,32
Set	15,26	28,21	22,18	14,59	26,41	20,91	16,03	28,02	22,47	16,80	29,06	23,44
Out	18,50	30,93	24,75	16,90	27,36	22,11	17,60	31,32	24,46	18,60	30,84	24,75
Nov	18,20	29,90	23,49	18,30	29,21	23,20	18,70	30,49	24,08	19,60	29,99	24,27
Dez	21,05	31,47	26,30	19,83	30,78	25,40	19,72	30,39	25,10	21,05	30,78	25,90

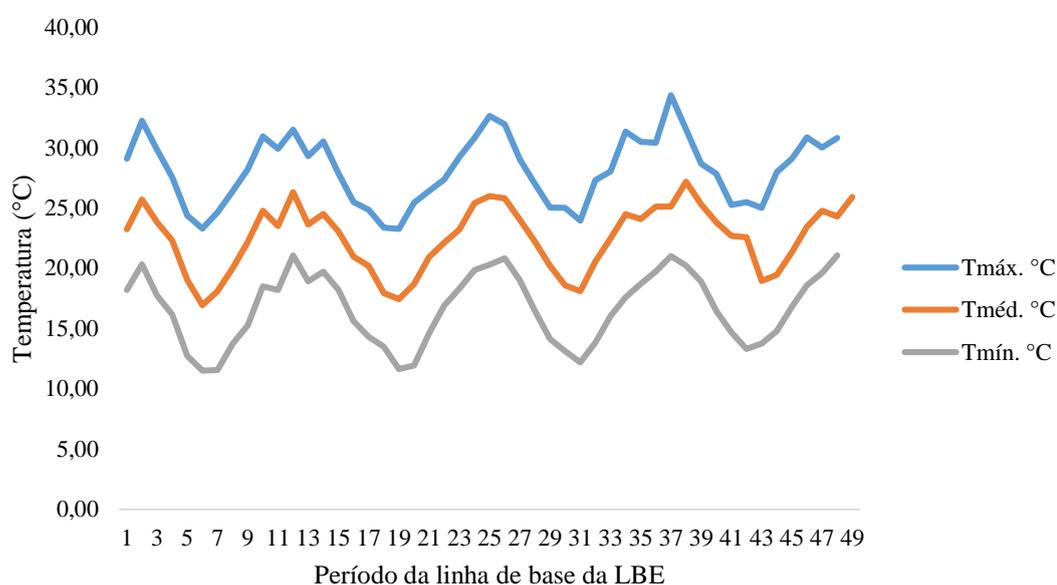
Fonte: INMET (2018).

Os dados históricos referentes às temperaturas médias mensais ($T_{méd}$) da cidade de Guaratinguetá apresentados na Tabela 31 e os dados históricos das $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista expostos na Tabela 18 foram tratados. A $T_{méd}$ da cidade de Guaratinguetá é de 22,39 °C com S de 2,68 °C e a $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista atinge 29,85 °C com S de 0,98 °C. A máxima $T_{méd}$ em Guaratinguetá no período analisado (2012 a 2015) é de 27,17 °C ocorrida em janeiro de 2015 e a menor foi igual a 16,93 °C ocorrida em junho de 2012. A maior $T_{méd}$ na cidade de Boa Vista no período analisado (2014 a 2017) alcançou 31,94 °C ocorrida em outubro de 2015 e a

menor alcançou 28,10 °C registrada em maio de 2017. A $T_{méd}$ da cidade de Boa Vista apresentada no gráfico da Figura 11 tende a ser constante, ao contrário, a $T_{méd}$ da cidade de Guaratinguetá exposta no gráfico da Figura 23 tem uma variação grande, apresentando um S de 2,68 °C. Esse resultado demonstra a presença de fator sazonal na $T_{méd}$ das cidades de Boa Vista e de Guaratinguetá.

Figura 23 - Variação das $T_{mín}$, $T_{máx}$ e $T_{méd}$ em Guaratinguetá

TEMPERATURA NA CIDADE DE GUARATINGUETÁ - SP



Fonte: INMET (2018).

6.8 SÉRIES TEMPORAIS

“Series temporais são um excelente modo para representar LBEs com fatores sazonais presentes. São mais recomendáveis para períodos de base plurianuais com intervalos mensais, embora nada impeça que sejam utilizadas para outros períodos e intervalos” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 137). “O primeiro passo para desenvolver uma série temporal é produzir uma representação gráfica do IDE em função do tempo, ou seja, um gráfico tipo Y (IDE) versus X (tempo)” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 137).

A Figura 24 exibe o gráfico do IDE CEE em função do tempo da série da Tabela 24(a), cujo o eixo X indica o tempo em meses e o eixo Y, o CEE total do CBV que representa a soma do CP e CFP da unidade medidos em kWh/mês de janeiro a dezembro de 4 anos (48 meses).

Figura 24 - Representação gráfica do IDE CEE em função do tempo



Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2018).

A expressão ($y = 77,61x + 116.139$) exposta no interior do gráfico da Figura 24 foi separada em três componentes multiplicativos ($T_i * S_i * I_i$): tendência (T_i), sazonalidade (S_i) e componente de irregularidade do IDE CEE (I_i), conforme Filippo Filho (2018, p. 138). O S_i representa a variação sazonal do IDE, enquanto que I_i é a variável não explicada, ou seja, é uma variável aleatória que pode ser determinada por meio da expressão ($I_i = Y_i/Y_{iaj}$). I_i representa a componente do IDE CEE que para Filippo Filho (2018, p. 138) não pode ser explicada pela tendência ou por fatores sazonais e quando desconsiderada, a série ajustada ou previsível (Y_{iaj}) será dada pela expressão ($Y_{iaj} = T_i * S_i$). Para obter o valor do Y_{iaj} em cada mês da série da Tabela 24(a) Filippo Filho (2018, p. 140) explica ser necessário determinar a expressão de tendência (T_i) dada por Y apresentada dentro do gráfico da Figura 24 e determinar S_i por meio da expressão ($S_i = f_c * S_{pai}$), onde f_c é o fator de correção e o S_{pai} (índice preliminar de sazonalidade para cada mês do ano).

6.8.1 Índices de sazonalidade S_{pi} , S_{pai} e S_i ajustado da instalação do CBV

Para a obtenção dos índices de sazonalidade S_{pi} , S_{pai} e S_i da instalação do CBV, seguiu-se os 4 procedimentos indicados por Filippo Filho (2018, p. 139). Obteve-se primeiro, à média móvel anual centrada ($mmaci$) para cada mês da série da Tabela 24(a), conforme a equação 8 e em seguida adotou-se um índice próprio para cada mês do ano, por exemplo: janeiro do ano 1 (i é igual a 1), fevereiro do ano 1 (i é igual a 2), ..., dezembro do ano 4 (i igual a 48).

$$mmac_i = \frac{\frac{\sum_{i-6}^{i+5} Y_i}{12} + \frac{\sum_{i-5}^{i+6} Y_i}{12}}{2} \quad (8)$$

No segundo passo, obteve-se, o índice preliminar de sazonalidade para cada mês da série (S_{pi}) obtido por meio de uma simples divisão do valor de Y_i da série da Tabela 24 pela respectiva $mmac_i$ ($S_{pi} = Y_i/mmac_i$).

No terceiro passo, obteve-se o índice preliminar de sazonalidade para cada mês do ano (S_{pai}). Segundo Filippo Filho (2018, p. 140) esse índice pode sofrer variação de um ano para outro em um dado mês, por exemplo, março de 2017 e março de 2018, podendo ser obtido pela média dos resultados dos respectivos meses para cada ano, conforme exibido na equação 9. Sendo o total de índices apurados para dado mês representado por (A).

$$S_{pai} = \frac{S_{pi} + S_{pi+12} + S_{pi+24} + \dots}{A} \quad (9)$$

No quarto passo, procedeu-se ao ajuste do S_i , para os valores de S_{pai} maiores e menores que a unidade. Filippo Filho (2018, p. 40) explica que a soma desses índices no período de janeiro a dezembro deve ser igual a 12, caso contrário, o S_{pai} obtidos deve ser ajustado por meio de um fator de correção (fc), conforme a equação 10, que deverá multiplicar cada valor de S_{pai} .

$$fc = \frac{12}{\sum_{i=1}^{12} S_{pai}} \quad (10)$$

Finalmente, obteve-se o S_i devidamente ajustados por meio da expressão ($S_i = fc * S_{pai}$).

Os valores referentes aos índices de sazonalidade S_i , S_{pi} e S_{pai} são apresentados na Tabela 32. A $mmac_i$ para cada Y_i da série foi determinada conforme a equação 8. No segundo passo obteve-se o S_{pi} dividindo-se cada Y_i pelo valor da $mmac_i$ de cada i correspondente da série. O terceiro passo foi calcular o S_{pai} por meio da média dos S_{pi} em cada período Y_i dos anos de 2014 a 2017. Como a soma dos S_{pai} delimitado com linha vermelha na Tabela 32 é maior que 12 houve a necessidade de ajustar um fc , de acordo com a equação 10. O valor do fc obtido da série é igual a 0,996. O quarto passo foi determinar o valor do S_i ajustado por meio da expressão ($S_i = fc * S_{pai}$), cujos os resultados são apresentados na sétima coluna.

Tabela 32 - Índices de sazonalidade S_{pi} , S_{pai} e S_i ajustado do CBV

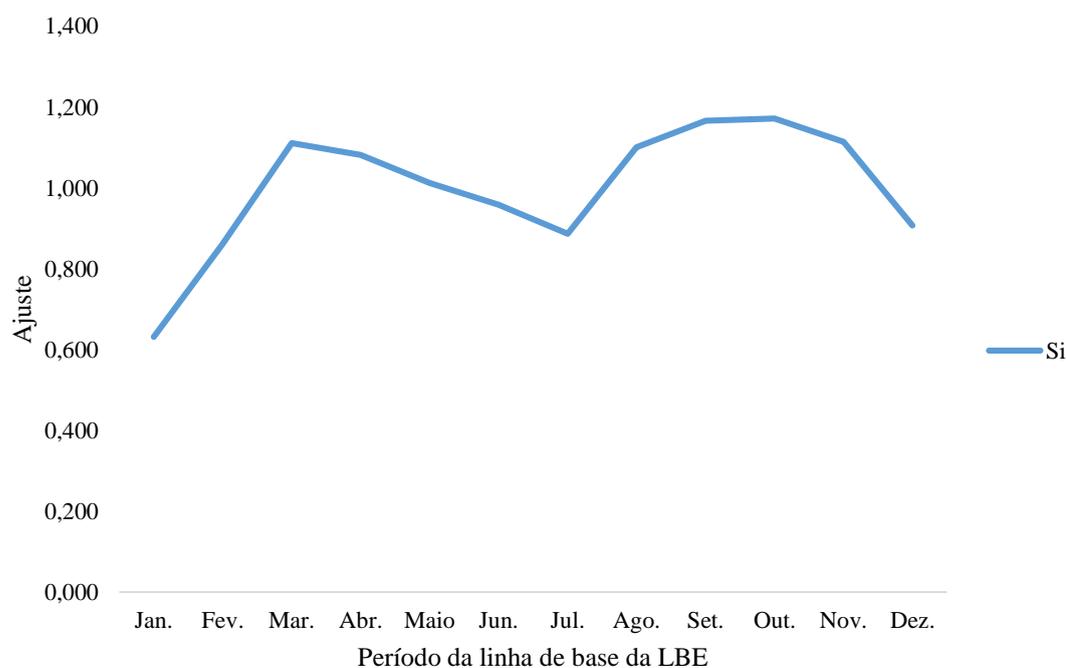
Mês	S_{pi}				S_{pai}	S_i
	20144	20155	20166	20177	Média	Ajuste
Jan.		0,725	0,599	0,578	0,626	0,631
Fev.		0,875	0,854	0,864	0,865	0,861
Mar.		1,036	1,174	1,136	1,115	1,110
Abr.		0,971	1,116	1,171	1,086	1,081
Mai		0,925	1,060	1,064	1,016	1,012
Jun.		0,970	0,991	0,926	0,963	0,958
Jul.	0,997	0,930	0,744		0,890	0,887
Ago.	0,988	1,183	1,146		1,106	1,101
Set.	1,158	1,190	1,165		1,171	1,166
Out.	1,142	1,244	1,144		1,177	1,172
Nov.	1,138	1,043	1,175		1,118	1,114
Dez.	0,945	0,938	0,850		0,911	0,907
Soma					12,051	12,00

Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2018).

A Figura 25 apresenta o gráfico dos S_i ajustados do período de base plurianuais com intervalos mensais de janeiro a dezembro de quatro anos de funcionamento da instalação do CBV extraídos da Tabela 32.

Figura 25 - Representação gráfica do S_i ajustado de 4 anos do CBV

S_i AJUSTADO DE 4 ANOS DO CBV - PERÍODO: 2014 A 2017

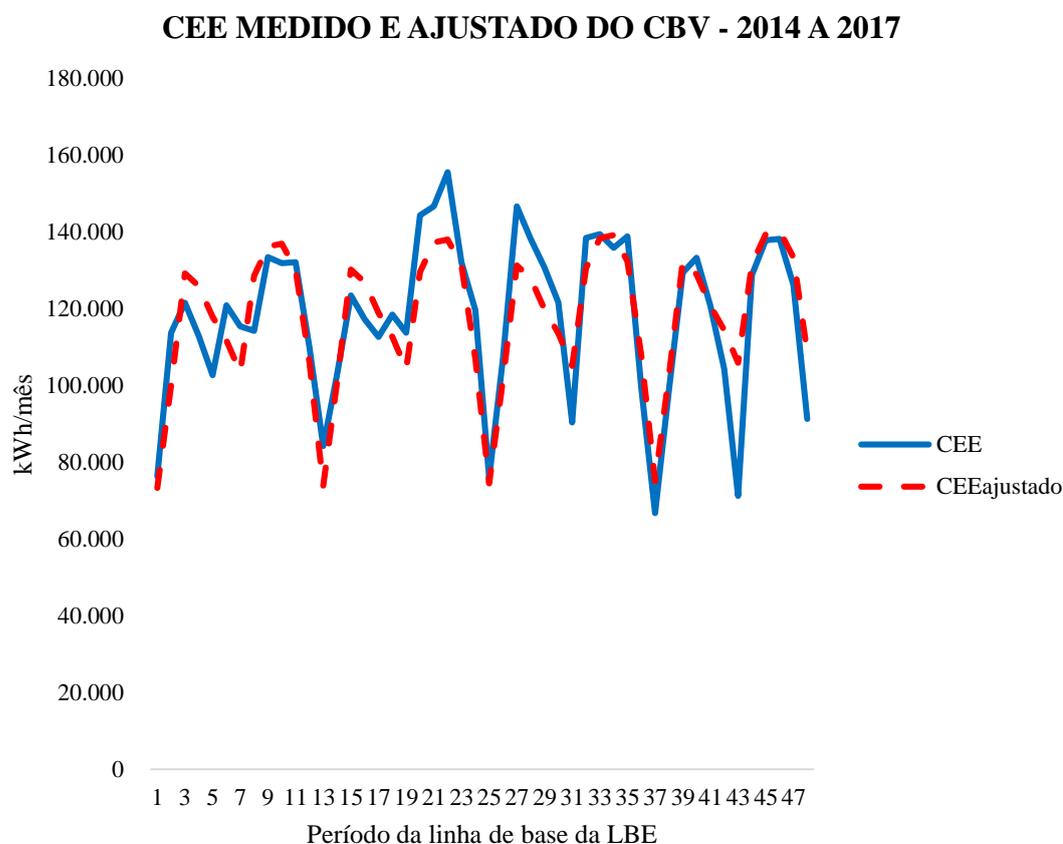


Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2018).

“Com os índices de sazonalidade obtidos, observa-se claramente que o consumo da instalação depende de fatores sazonais. Todavia, não é possível distinguir se estes se devem ao calendário ou às condições climáticas, ou a ambos” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 142). “Toda LBE deve ser testada para verificar sua consistência. Previsões estão sujeitas a uma margem de erro. No caso de séries temporais baseadas no método clássico multiplicativo, a componente aleatória (irregularidade) é que vai fornecer a ‘qualidade’.” (FILIPPO FILHO, 2018, p. 142).

O gráfico da Figura 26 exibe a série do consumo medido (CEE_{medido}) no CBV registrado no período da linha de base da LBE (linha sólida azul) e os valores estimados, isto é, o consumo de energia ajustado ($CEE_{ajustado}$) da instituição para a série (linha pontilhada). O $CEE_{ajustado}$ do CBV foi previsto baseado na expressão ($Y_{iaj} = T_i * S_i$) ou $[(CEE_{iaj} = 77,61*i + 116.139)*S_i]$ e nos valores de S_i apresentados na Tabela 32. A previsão do $CEE_{ajustado}$ para o mês de abril de 2018 correspondente ao período 52 da LBE (isto é, i igual a 52) é igual a 129.908,87 kWh. Esse resultado comparado ao CEE_{medido} em abril de 2018 apresenta um erro de 16,5%.

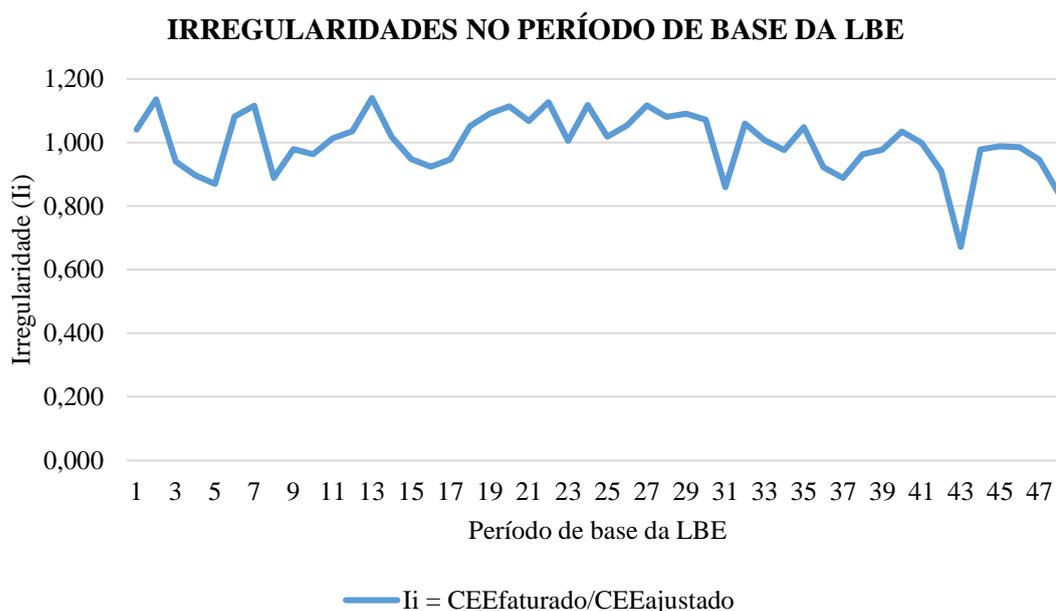
Figura 26 – CEE medido e ajustado da série do CBV no período de 2014 a 2017



Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2018).

A Figura 27 apresenta o gráfico da componente I_i gerado na planilha Excel por meio da expressão ($I_i = Y_i/Y_{iaj}$). O desvio padrão da irregularidade é de 9,3% e o maior erro observado ocorreu no mês de julho de 2017 ($i = 43$), com valor real de 32,8% inferior à média do CEE_{medido} de 48 meses modelado na Tabela 24(a). Esse resultado revela que possivelmente, a unidade realizou atividades fora do padrão comum, admitindo-se não ter havido erro de coleta de dados.

Figura 27 - Irregularidades observadas no período de base da LBE



Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2018).

6.9 ANÁLISE DO CONSUMO MÉDIO EM EDIFÍCIOS DE RR E SP

Este é o 9º IDE – comparação do consumo médio em edificações do setor residencial, comercial e poder público dos Estados de Roraima e São Paulo. Como ponto central desta análise comparativa de resultados são apresentadas duas instituições quase iguais na área construída, quantidade de alunos, atividades desenvolvidas, potência instalada, onde o consumo, a demanda e demais indicadores do CBV são superiores aos da FEG. Isso ocorre em boa medida em razão das temperaturas médias mais elevadas exigindo maior uso de ar-condicionado. A carga de ar-condicionado estimada para o CBV é de 758 kW para uma área condicionada (AC) estimada de 9.574 m² correspondente a 34,81% da área coberta total do *campus* que é igual a 27.500 m². A potência frigorífica - P_F total apresentada no Quadro 5 coluna 13 é equivalente a 704,67 TR. Dividindo-se esse valor da P_F por AC ($TR = P_F/AC$), o indicador TR/m² do CBV

corresponde a 0,074 TR/m². Filippo Filho (2016, p. 3) estimou a carga de ar-condicionado na FEG em 740 kW para uma AC estimada de 9.400 m², que é igual a 0,07 TR/m². O IDE TR/m² do CBV supera o da FEG em 5,4%.

6.9.1 Consumo médio residencial Roraima versus São Paulo

Como ponto secundário desta análise comparativa de resultados são apresentadas quatro residências UC 1, UC 2, UC 3 e UC 4 apresentadas na Tabela 33. Três residências localizadas na capital Boa Vista (UC 1, UC 2 e UC3) e uma residência situada na cidade de Guaratinguetá (UC 4). A UC 1 é alimentada pelo mesmo alimentador do CBV, tem medição bifásica (2F + N) com nível de tensão de 127/220 V e entre outubro de 2017 e setembro de 2018 teve consumo médio mensal (CMM) igual a 886 kWh, cujo valor supera em 2,9 vezes o valor do consumo médio residencial (CMR) em Roraima, no ano de 2017, que foi igual a 305,9 kWh/mês, publicado no (AEEE, 2018, p. 181). A UC 2 tem medição trifásica (3F + N) com nível de tensão de 127/220 V e CMM entre abril de 2016 e março de 2017 igual a 1.744 kWh, esse valor supera em 5,7 vezes o CMR de 2017 estimado no (AEEE, 2018, p. 181) para Estado de Roraima. A UC 4 analisada por Filippo Filho (2018b) tem praticamente as mesmas características da UC 2, ou seja: medição trifásica (3F + N) 127/220 V e CMM próximo de 245 kWh/mês, esse valor supera o estimado pela EPE, no (AEEE, 2018, p. 181) em 22%. A UC 3 tem medição bifásica (2F + N) 127/220 V e CMM e CMM entre outubro de 2017 e setembro de 2018 de 818 kWh, esse valor supera em 2,7 vezes o valor do CMR estimado no (AEEE, 2018, p. 181).

Tabela 33 - Comparação do CMR entre Roraima e São Paulo

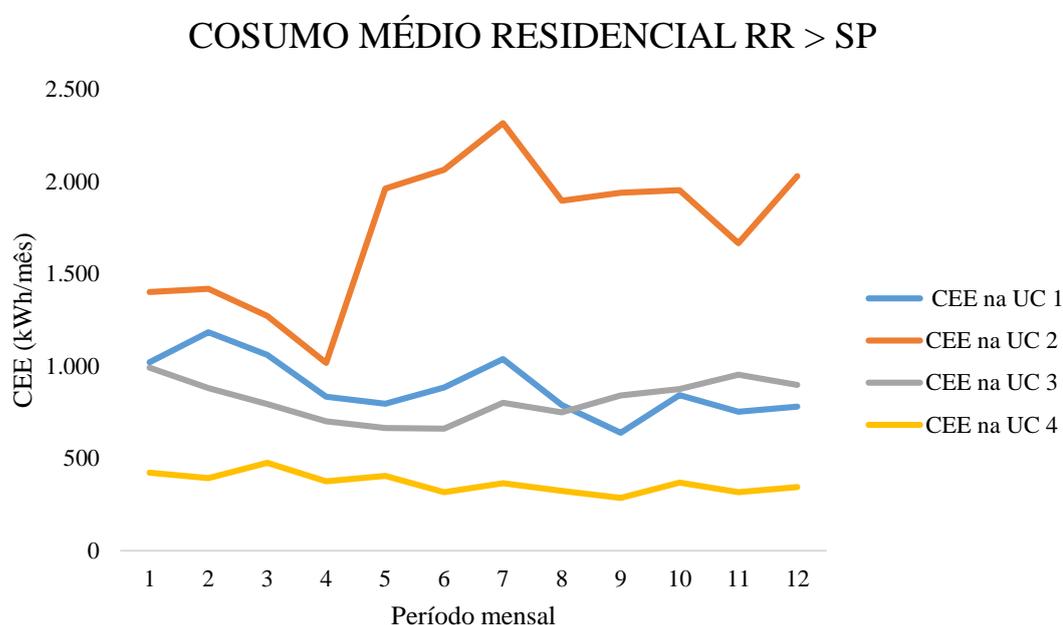
Residências	Área construída (m ²)	Residentes (Quant.)	CMM (kWh)	Pinst (kW)	Carga frigorífica (kW)	Proteção (A)
UC 1	142	2	886	15,0	5,4	50
UC 2	360	3	1744	38,0	7,9	100
UC 3	120	6	818	5,4	3,0	40
UC 4	350	3	367	38,0	4,0	100

Fonte: Adaptado de Filippo Filho (2018) – Residências de Boa Vista.

Finalmente, como ponto central desta análise comparativa secundária de resultados são confrontados os CMM de duas residências UC 4 e UC 2, localizadas em dois Estados: São Paulo com o maior PIB brasileiro em 2015 e Roraima com o menor PIB no mesmo ano e com características quase iguais na área construída, quantidade de residentes e potência instalada,

onde o CMM são muito diferentes. Isso é devido em grande parte às temperaturas médias mais elevadas, em torno de 30 °C em Roraima exigindo maior uso de máquinas frigoríficas (ar-condicionado, geladeira e freezer). A carga destinada às máquinas frigoríficas da UC2 é igual a 7,9 kW e da UC 4 localizada em São Paulo atinge 4,75 kW. Para melhor visualização dos resultados expostos na Tabela 33 apresentam-se o gráfico da Figura 28. Observa-se que o consumo médio mensal da residência UC 2 (linha vermelha) no período 7 alcança um valor de 2.316 kWh/mês, enquanto que no mesmo período a residência UC 4 atinge 366 kWh/mês

Figura 28 - Gráfico comparativo do CMM entre Roraima e São Paulo

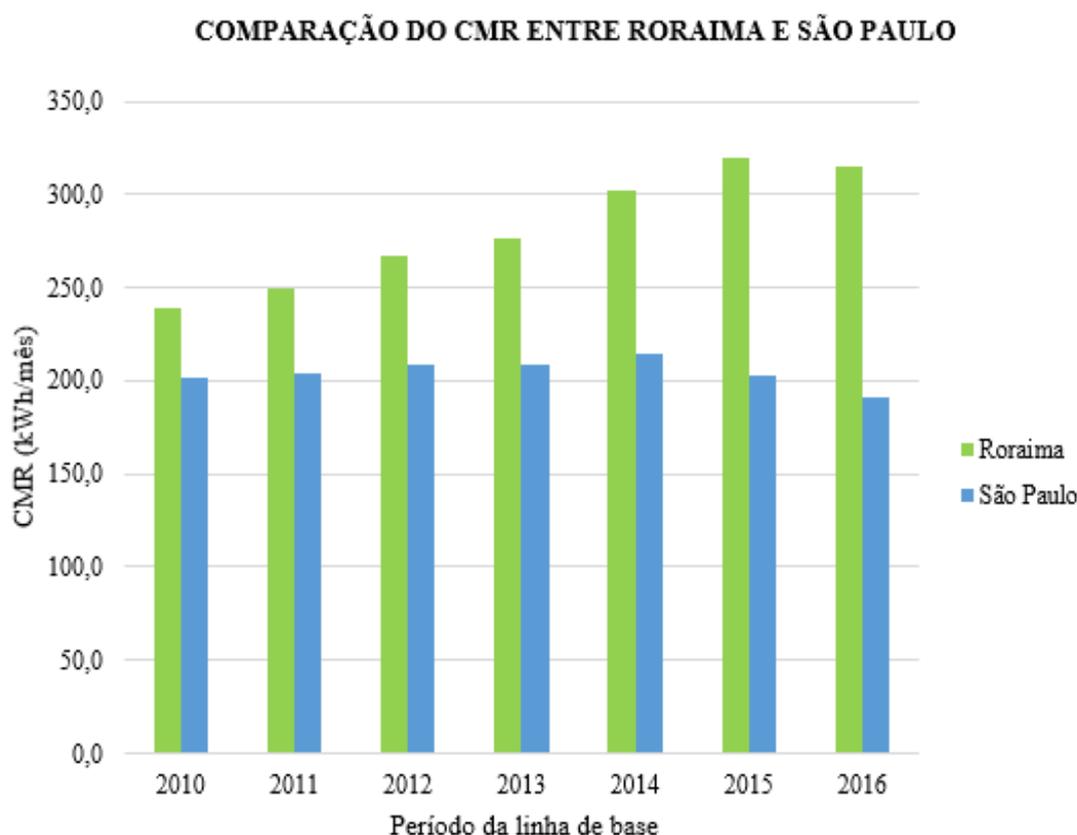


Fonte: Autor (2019).

Observa-se na 'Figura 29 que no período compreendido de 2010 a 2016, o consumo médio residencial de Roraima representado pelas as barras verdes supera o consumo médio residencial do Estado de São Paulo indicado pelas as barras azuis, em todos os anos da série, por exemplo, em 2015, o consumo médio residencial de Roraima foi de 319,5 kWh/mês e ultrapassou o de São Paulo em 36,6%. No ano de 2016, o consumo médio residencial de São Paulo foi 191,3 kWh, enquanto que o de Roraima alcançou 315,0 kWh, esse consumo supera o de São Paulo em 39,2%. O consumo de energia elétrica no setor residencial do Estado de Roraima é dedicado principalmente para iluminação e máquinas frigoríficas (ar-condicionado, refrigerador e *freezer*). Observa-se que o consumo médio residencial de São Paulo tende a ser constante,

ao contrário, o de Roraima tem tendência crescente. Esse resultado revela uso intenso de energia, provavelmente devido ao uso excessivo de máquinas frigoríficas (ar-condicionado, geladeira e freezer).

‘Figura 29 – CMR Roraima versus São Paulo – Período: 2010 a 2016



Fonte: EPE (2018).

Filippo Filho (2018) entende que o consumo de energia residencial (domiciliar) depende da renda média domiciliar “per capita” (maior padrão de vida, maior posse de eletrodomésticos e outros bens que consomem energia). Surpreendentemente, a renda média domiciliar per capita em Roraima é a maior da região Norte, embora o Produto Interno Bruto (PIB) seja o menor do Brasil (transferência de recursos da União), conforme exposto na Tabela 34. Mas, o consumo de energia depende também da temperatura média (quanto mais quente, ou mais frio, maior o consumo de energia para fins de conforto geral). De fato, Boa Vista apresenta maior temperatura média em relação a São Paulo, conforme análise das temperaturas médias das cidades de Boa Vista e Guaratinguetá, já apresentada no subitem 6.7.4 e dados exibidos na Tabela 18 e na

Tabela 31. Entre todas as capitais brasileiras, Boa Vista, tem a maior temperatura média, em torno de 30 °C, embora muitas cidades das regiões Norte e Nordeste apresentem temperaturas tão ou mais elevadas.

Tabela 34 - CMR por região e UF e temperatura média (ano base 2015)

ESTADO	CONSUMO RESIDENCIAL kWh/mês	CONSUMO "PER CAPITA" kWh/hab/ano	PIB 2015 (R\$ bilhões) (*)	Renda Média Domiciliar per capita R\$/ano (**)	Temperatura média (°C)
Acre	185,8	1.356	13,622	769,00	22
Alagoas	114,9	1.466	46,364	658,00	24
Amapá	271,9,0	1.367	13,861	936,00	28
Amazonas	237,3	1.601	86,560	850,00	28
Bahia	108,6	1.655	245,025	862,00	26
Ceará	125,6	1.268	130,621	824,00	28
DF	214,2	2.257	215,613	2.548,00	20
Espírito Santo	163,7	2.787	120,363	1.205,00	24
Goiás	148,5	2.218	173,632	1.277,00	24
Maranhão	120,8	1.016	78,475	597,00	28
Mato Grosso	211,5	2.470	107,418	1.247,00	22
Mato Grosso do Sul	177,3	2.002	83,082	1.291,00	24
Minas Gerais	125,3	2.475	519,326	1.224,00	22
Pará	143,7	2.318	130,883	715,00	28
Paraíba	114,8	1.301	56,140	928,00	26
Paraná	157,2	2.655	376,960	1.472,00	20
Piauí	127,5	1.027	39,148	750,00	28
Pernambuco	130,0	1.455	156,955	852,00	26
Rio de Janeiro	178,7	2.481	659,137	1.445,00	22
Rio Grande do Norte	142,9	1.595	57,250	845,00	28
Rio Grande do Sul	129,2	2.593	381,985	1.635,00	20
Rondônia	231,7	1.686	36,563	957,00	26
Roraima	319,5	1.732	10,354	1.006,00	30
Santa Catarina	71,4	3.357	249,043	1.597,00	18
São Paulo	194,7	2.935	1.939,890	1.712,00	22
Sergipe	131,3	1.706	38,554	834,00	26
Tocantins	150,7	1.361	28,930	937,00	28

Fonte: EPE (2016). INMET (2018). IBGE (2017).

6.10 AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DA GDPV DO CBV

O objetivo deste item é avaliar a viabilidade técnico-econômica de uma fonte de energia fotovoltaica de 66 kWp interligada à rede local, implantada no CBV em junho de 2017. Para a análise da viabilidade econômica usou-se fluxo de caixa, *payback* simples e *payback* descontado, energia produzida em kWh/mês, valores economizados em reais, taxa mínima de atratividade, taxa interna de retorno, índice de lucratividade e valor de kWh.

6.10.1 Análise de investimento da GDPV de 66 kWp no CBV

Este subitem apresenta a análise de investimentos, para a implantação de uma fonte de energia fotovoltaica de 66 kWp, doravante denominada GDPV, interligada à rede local, no CBV, usando *payback* simples e *payback* descontado. *Payback* (ou "retorno", em português) é o cálculo que representa o tempo que levará para um investimento "ser pago". "Fluxo de caixa" é uma ferramenta simples, mas eficaz para o controle financeiro de uma empresa, conforme apresentado na coluna 5 da Tabela 35. Basicamente, nesse caso, é o registro mensal das entradas exibidas na coluna 5 (valores economizados) e a saída de dinheiro, que nesse caso, ocorreu na compra da fonte fotovoltaica, que foi igual a R\$ 900.000,00, além disso, com o fluxo de caixa é possível controlar contas a pagar e a receber.

Tabela 35 - Fluxo de caixa do payback

Ano	Mês	Energia produzida (kWh)	Rendimento elétrico da GDPV	Valores economizados e/ou Fluxo de Caixa
2017	Ago.	8.320	12	6.588,71
2017	Set.	8.929	12	7.070,98
2017	Out.	9.334	13	7.391,71
2017	Nov.	8.434	13	6.679,00
2017	Dez.	7.874	13	6.236,00
2017	Jan.	7.020	12	5.559,22
VALOR MEDIO		8.318,50	12,5	6.587,60

Fonte: Autor (2018).

Para elaborar a Tabela 35 realizou-se medições na fonte de energia fotovoltaica do CBV, na janela de agosto de 2017 a fevereiro de 2018. As medições revelam que a fonte com 270 módulos fotovoltaicos de 265 Wp/12 V produziu, no período, um montante de 54.679 kWh, uma produção mensal de 7.811,3 kWh e 260,4 kWh/dia e apresenta uma eficiência média mensal de 12%. No período de outubro a dezembro de 2017, a eficiência alcançou 13%, nos meses de janeiro, agosto e setembro foi de 12% e em fevereiro de 2018 apresentou a menor eficiência de 8% devido a constantes desligamentos da rede elétrica da unidade para manutenção. A eficiência de uma fonte de energia fotovoltaica depende de alguns fatores, tais como: $T_{méd}$ local, que em Boa Vista fica em torno de 30 °C, uma das maiores do Brasil e com esse valor prejudica à fonte, irradiação média que na região Norte é de 5,5 kWh/m²/dia, disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/index.php#localidade_71342>. O CRESESB, apresenta um valor médio mensal de 4,89 kWh/m²/dia no plano horizontal. A potência média de conversão *in loco* é de 206 W/m². Além desses valores, foram pesquisados artigos relacionados à produção

de energia fotovoltaica no site: <<https://mercadolivre.com.br>>. Realizou-se levantamento de gastos com os materiais necessários para a implantação de uma fonte fotovoltaica semelhante à instalada no CBV.

O cálculo do *payback* está diretamente ligado ao fluxo de caixa exposto na Tabela 35, que foi planejado conforme a produção de energia da fonte fotovoltaica do CBV e planejado conforme a realidade do potencial de energia solar do Estado de Roraima, em torno 463 W/m². A Tabela 36 apresenta o resultados do *payback* simples e do *payback* descontado, do valor líquido presente (VPL), do índice de lucratividade e da taxa interna de retorno (TIR) para cada projeto P1, P2 e P3. Observa-se que os projetos P1 e P2 são inviáveis, pois o VPL é negativo. O projeto P3 é o único viável, porque tem VPL positivo e uma TIR maior que a taxa mínima de atratividade (TMA). O *payback* simples apresenta um tempo de retorno de 11 anos, 4 meses e 10 dias e o *payback* descontado apresenta um tempo de retorno de 35 anos, 1 mês e 5 dias.

Tabela 36 - *Payback* Simples e Descontado da GDPV do CBV

Projeto	<i>Payback</i> Simples	<i>Payback</i> Descontado	Índice de lucratividade	VPL(R\$)	TIR (%)
P1	11 anos, 5 meses e 19 dias	19 anos, 2 meses e 12 dias	0,999	- 852,39	1,09
P2	11 anos, 4 meses e 19 dias	37 anos e 8 dias	0,994	- 5.511,69	2,12
P3	11 anos, 4 meses e 10 dias	35 anos, 1 mês e 5 dias	1,139	3.872,09	2,14

Fonte: Autor (2019)

Por fim, conclui-se que o retorno do investimento de R\$ 900.000,00 realizado na unidade ocorrerá em 11 anos, 4 meses e 10 dias, considerando o valor médio do kWh, que a partir de 1 de novembro de 2018 teve um reajuste anual médio de 38,5% homologado pela ANEEL (2018), sendo de 37,03% para os consumidores em alta tensão e de 38,90 para os consumidores em baixa tensão, conforme a ATA da 40ª Reunião Pública Ordinária da Diretoria da ANEEL, realizada em 30 de outubro de 2018. Nos cálculos do *payback* simples e do *payback* descontado usou-se o custo de R\$ 0,791912 por kWh sem impostos.

6.11 FONTES DE EVIDÊNCIAS DA PESQUISA E POSSÍVEIS SOLUÇÕES

O Quadro 6 apresenta informações relacionadas ao método que relaciona as fontes de evidências de problemas identificados durante a pesquisa e as possíveis soluções indicadas pelo autor para auxiliar na elaboração do relatório. As fontes de evidências foram codificadas para realizar a confrontação com as fontes de evidências expostas no Quadro 2 (painel demonstrativo

do conjunto de dados da pesquisa), por exemplo, o código NOTRTQC significa não adequado aos RTQ-C do INMETRO; LOWEEUC significa baixa eficiência energética da unidade consumidora.

Quadro 6 - Fontes de evidências e possíveis soluções dos problemas

Fontes de Evidências	POSSÍVEIS SOLUÇÕES
NOTRTQC	<ul style="list-style-type: none"> • Reestruturar projetos elétricos e adequar o sistema elétrico das UCs conforme o RTQ-C do INMETRO (revitalização da
LOWEEUC	<ul style="list-style-type: none"> • Controlar perda técnica - PTéc nas residências, por meio da correção do fator de potência e instalação de filtros para reduzir nível de harmônicos de corrente e de tensão. • Aplicar ações de eficiência energética, por meio da substituição de lâmpadas, condicionadores de ar, refrigeradores e freezers.
PAYBACK	<ul style="list-style-type: none"> • Usar GDPV com baterias para eliminar efeitos da variação da insolação no nível de tensão da fonte PV. Recomenda-se que sejam instaladas baterias com capacidade semelhante à capacidade de cada módulo PV (instalar regulador de tensão entre cada bateria e cada módulo PV)
LOWQENERGYUC	<ul style="list-style-type: none"> • Filtrar a energia através de filtros ativos para eliminar harmônicos de sequência zero que sobrecarregam o condutor neutro e causa perda técnica, aumentando o consumo • Ajustar FP para um valor maior ou igual a 0,92 • Reduzir PTéc para um valor abaixo ou próximo do regulamentado
LOWEERR	<ul style="list-style-type: none"> • Reduzir PTot para valor regulamento pela à ANEEL • Modernizar sistema de medição de energia das UC de BT e MT • Reduzir PTéc para valores próximos do regulamentado pela à ANEEL eliminando perdas por efeito joule nos transformados ultrapassados e instalar conector bimetálico nas derivações de cabos de cobre com cabos de alumínio • Orientar os consumidores sobre às perdas elétricas nas instalações dos setores residenciais causadas pelo uso de equipamentos de má qualidade e falta de aterramento adequado

Fonte: Adaptado de Miguel (2012).

7 CONCLUSÕES

Os resultados da pesquisa revelaram que os setores consumidores de energia elétrica em Boa Vista-RR, em especial, às edificações residencial, comercial e poder público têm baixo desempenho energético em relação aos mesmos setores consumidores localizados na cidade de Guaratinguetá-SP. No item desempenho térmico a envoltória dos edifícios do campus Boa Vista e das três residências pesquisadas não atendem às diretrizes construtivas para a Zona Bioclimática 8 (ZB 8) prescritas na NBR 15220-3/2005, além disso, a envoltória e os sistemas de iluminação interna e de condicionamento de ar dos edifícios do campus e das residências pesquisadas não atendem aos pré-requisitos do RTQ-C. Roraima é o Estado brasileiro com o maior consumo médio residencial do país, apresentando consumo médio residencial de 315 kWh/mês em 2018, entretanto, a radiação global diária média mensal local que atinge 17,83 MJ/m²dia (mega joule por metro quadrado dia) é negligenciada pelos gestores da energia. Dos resultados conclui-se que a solução para mitigar a escassez de energia elétrica no Estado de Roraima, principalmente na capital Boa Vista é a implementação e a implantação de eficiência energética conjugada com à implantação da geração fotovoltaica distribuída, por exemplo, como ocorre na Alemanha. A eficiência energética é a forma mais rápida e que tem menor custo para aumentar a oferta de energia em qualquer lugar do mundo. E em Roraima causaria impactos imediatos. A eficiência energética nos diversos setores consumidores do extremo norte brasileiro e a opção adjacente voltada à produção de energia fotovoltaica e a sua injeção na rede local têm consequências positivas, tanto pela mitigação relacionada às emissões de GEE, quanto pelo consumo e uso de energia. Uma vez que a demanda de energia residencial, comercial, industrial e poder público em Roraima consiste principalmente de requisitos de energia para iluminação, ar-condicionado, refrigerador e freezer, juntamente com a energia dedicada aos eletrodomésticos. A radiação solar é uma das principais fontes de energia limpa e renovável do Estado, com o potencial para solucionar o problema de fornecimento de energia dos setores a curto prazo.

REFERÊNCIAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5413: **iluminância de interiores**. Comitê Brasileiro de Eletricidade/Comissão de Estudo de Iluminação Interna, p. 13, 1992. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM802/NBR5413.pdf>. Acesso em: 2 maio 2019.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução normativa no 482**, de 17 de abril de 2012: condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia eléct. D.O. de 19.04.2012, seção 1, p. 53, v. 149, n. 76, v. 6, p. 9, 2017a. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>. Acesso em: 01 jun. 2018.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Nota técnica no 0023/2017-SRD/ANEEL** - Processo no 48554.000510/2017-00 - Assunto: indicador de desempenho global de continuidade de 2016. SRD/ANEEL, p. 19, 2017b. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/documents/656827/14864125/Nota+Técnica+0023+2017+Ranking+2016/9f98f718-f6d4-8bb3-2e9a-de596ec7463c>. Acesso em 21 mar. 2019.
- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica. **Processo no 48500.004977/2018-29**: reajuste tarifário anual de 2018 da Boa Vista Energia S.A. (Eletrobras Distribuição Roraima), a vigorar a partir de 1o de nov. de 2018. Superintendência de Gestão Tarifária - SGT., p. 9, 2018. Disponível em: http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias_area/arquivos/ata_40-rpo-2018.pdf. Acesso em: 01 jun. 2019.
- ARAGÓN, C. S.; PAMPLONA, E.; MEDINA, J. R. V. Identificação de investimentos em eficiência energética e sua avaliação de risco. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 1, p. 525–536, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-530X2013000300003>. Acesso em: 05 maio 2017.
- AYUB, M.; GAN, C. K.; KADIR, A. F. A. The Impact of grid-connected PV systems on harmonic distortion. **IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia (ISGT ASIA)**, p. 669–674, 2014. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6873872>. Acesso em: 16 jan. 2018.
- BERTRAND, J. W. M. e FRANSOO, J. C. Modelo e simulação: operations management research methodologies using quantitative modeling. **EmeraldInsight**, v. 22, n. 2, p. 241–264, 2002. Disponível em: <http://www.dep.ufmg.br/old/disciplinas/epd804/artigo1.pdf>. Acesso em: 15 jul. 2017.
- CAMIOTO, F. C.; REBELATTO, D. A. N.; ROCHA, R. T. Análise da eficiência energética nos países do BRICS: um estudo envolvendo a análise por envoltória de dados. **Gestão & Produção**, v. 23, n. 1, p. 192–203, 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-530X2016000100192&lng=en&nrm=iso&tlng=pt. Acesso em: 14 maio 2017.
- CAO, X.; DAI, X.; LIU, J. Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. **Energy & Buildings**, v. 128, p. 198–213, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.06.089>. Acesso em: 11 jan. 2018.

CHIDURALA, A.; SAHA, T. K.; MITHULANANTHAN, N.; BANSAL, R. C. Harmonic emissions in grid connected PV systems: a case study on a large scale rooftop PV site. **Journal IEEE PES General Meeting, PES 2014/conference and Exposition**, n. oct. p. 5, 2014. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=6939147>. Acesso em: 17 jan. 2018.

CHIDURALA, A.; SAHA, T.; MITHULANANTHAN, N. Harmonic characterization of grid connected PV systems and validation with field measurements. **IEEE Power and Energy Society General Meeting**, v. 2015, p. 5–13, sept. 2015. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=7286198>. Acesso em: 21 mar. 2019.

CRESESB - Centro de Referência para as Energias Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Potencial Energético (potencial solar - SunData v 3.0): busca por coordenadas geográficas (Latitude: N e Longitude: O). **CRESESB**, p. 9, 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso em: 10 jul. 2018.

DIAS, R. A.; MATTOS, C. R.; BALESTIERI, J. A. P. Energy education: breaking up the rational energy use barriers. **Energy Policy**, v. 32, n. 11, p. 1339–1347, 2004. Disponível em: [https://pdf.sciencedirectassets.com/271097/1-s2.0-S0301421500X02765/1-s2.0-S0301421503001009/main.pdf?x-amz-security-token=AgoJb3JpZ2luX2VjEj%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIH%2BmhVuQRSBSGPCjNjyaw2IT8v%2BoUuxlh6hU246w2enAiEA9ex3SrVv](https://pdf.sciencedirectassets.com/271097/1-s2.0-S0301421500X02765/1-s2.0-S0301421503001009/main.pdf?x-amz-security-token=AgoJb3JpZ2luX2VjEj%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2F%2FwEaCXVzLWVhc3QtMSJHMEUCIH%2BmhVuQRSBSGPCjNjyaw2IT8v%2BoUuxlh6hU246w2enAiEA9ex3SrVv). Acesso em: 05 fev. 2019.

EDRR - Eletrobras Distribuição Roraima. **Relatório de administração-RA, 2017**: perdas de energia elétrica. Boa Vista Energia S.A., p. 60, 2017. Boa Vista, RR. Disponível em: <http://www.eletrorasroraima.com/wp-content/uploads/2016/06/Relatório-de-Administracao-2017-V9-FINAL-para-o-site.pdf>. Acesso em: 14 mar. 2017.

EDRR - Eletrobras Distribuição Roraima. **Faturas de energia elétrica do IFRR**: Campus Boa Vista, período de jan. 2014 a dez. 2018. Agência Virtual da Roraima Energia, p. 60, 2018. Disponível em: <http://ajuriweb.roraimaenergia.com.br/>. Acesso em: 05 abr. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2016**: ano base 2015: consumo médio residencial por subsistema, região e UF (kWh/mês). p. 230, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Forms/Anuario.aspx%5Cnhttp://ebooks.cambridge.org/ref/id/CBO9781107415324A009>. Acesso em: 18 jun. 2017.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário estatístico de energia elétrica 2017**: ano base 2016: capacidade instalada por região e UF no Brasil em 2016 (MW). p. 230, 2017. Rio de Janeiro, RJ. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-160/topico-168/Anuario2017vf.pdf%3E>. Acesso em: 16 jan. 2018.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2018**: ano base 2017: consumo médio residencial por subsistema, região e UF (kWh/mês). p. 284, 2018. ERI - CNREC. China Renewable Energy Outlook. **Time for a new era in the Chinese energy transition**, p. 8, 2017. Disponível em: http://boostre.cnrec.org.cn/wp-content/uploads/2018/11/China-Renewable-Energy-Outlook-2018-Folder_ENG.pdf. Acesso em: 02 jun.

2019.

FEKETE, K.; KLAIC, Z.; MAJDANDZIC, L. Expansion of the residential photovoltaic systems and its harmonic impact on the distribution grid. **Renewable Energy**, v. 43, p. 140–148, 2012. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2011.11.026>. Acesso em: 19 jan. 2018.

FILIPPO FILHO, G. E. F. **Gestão de energia em edifícios comerciais e de serviços**. Expo Center Norte - Centro de Exposições e Convenções, p. 9, ago. 2016. São Paulo-SP. Disponível em: http://www.arandaeventos.com.br/eventos2016/enie/congresso_programa.html. Acesso em: 13 mar. 2017.

FILIPPO FILHO, G. E. F. **Gestão da energia: fundamentos e aplicações**. 1º ed. São Paulo-SP: Érica, 2018.

FRONIUS SOLAR. **Monitoramento online da produção e consumo de energia fotovoltaica distribuída na instalação elétrica do IFRR**: Campus Boa Vista (visão geral dos sistemas, comparação de instalações fotovoltaicas e centro de mensagens), 2018. Disponível em: <https://www.solarweb.com/PvSystems/Widgets>. Acesso em: 03 jul. 2018.

GOOGLE MAPS. **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Roraima** (coordenadas geográficas 2°48'49" N e 60°41'38" W). 2017. Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/@2.8141152,-60.6951533,358m/data=!3m1!1e3>. Acesso em: 03 ago. 2018.

GOOGLE MAPS. **UC 1 residência edificada em um terreno de 600 m2**: localizado no bairro Pricumã, na capital Boa Vista, na Zona Bioclimática 8 (ZB 8), coordenadas geográficas (2°48'37" N e 60°41'51" O). 2018a. Disponível em: <https://goo.gl/maps/EiyzkksAtu32>. Acesso em: 03 set. 2018.

GOOGLE MAPS. **UC 2 residência edificada em um terreno de 600 m2**: localizado no bairro Caçari, na capital Boa Vista, na ZB 8, coordenadas geográficas (2°51'43" N e 60°40'14" O). 2018b. Disponível em: <https://goo.gl/maps/iWBXzT6rRX12>. Acesso em: 05 set. 2018.

GOOGLE MAPS. **UC 3 residência edificada em um terreno de 480 m2**: localizado no bairro Paraviana, na cidade de Boa Vista, na ZB 8, coordenadas geográficas (2°51'46" N e 60°39'53" O). 2018c. Disponível em: <https://goo.gl/maps/cT9Pzb4vQUt>. Acesso em: 09 set. 2018.

HARTWIG, J.; KOCKAT, J.; SCHADE, W.; BRAUNGARDT, S. The macroeconomic effects of ambitious energy efficiency policy in Germany ??? Combining bottom-up energy modelling with a non-equilibrium macroeconomic model. **Energy**, v. 124, p. 510–520, 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.077>. Acesso em: 28 maio 2017.

HAVET, A.; KERNEIS, E.; PERICHON, C.; STEYAERT, P. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. In: CONFERENCE ON RESEARCH ON RUMINANTS, 3., 1999. Rio de Janeiro. **Anais** [...] Rio de Janeiro: Ediouro Gráfica e Editora S.A. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso em: 17 fev. 2019.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Rendimento domiciliar per capita 2017**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20154-ibge-divulga-o-rendimento-domiciliar-per-capita-2017>. Acesso em: 30 mar. 2018.

IEA - International Energy Agency. Perspectives for the energy transition: the role of energy efficiency. **IEA Publications**, p. 124, 2017. Disponível em: [http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Perspectives for the Energy Transition - The Role of Energy Efficiency.pdf](http://www.indiaenvironmentportal.org.in/files/file/Perspectives%20for%20the%20Energy%20Transition%20-%20The%20Role%20of%20Energy%20Efficiency.pdf). Acesso em: 01 dez. 2018.

IEA - International Energy Agency. Market report series energy efficiency: energy efficiency 2018: analysis and outlooks to 2040. **IEA Publications**, p. 174, 2018. Disponível em: <https://webstore.iea.org/market-report-series-energy-efficiency-2018-chinese-abridged>. acesso em: 30 nov. 2018.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Monitoramento climático das estações e dados meteorológicos** : temperaturas máxima, média e mínima mensais dos municípios brasileiros. BDMEP - Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa, 2018. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acesso em: 03 abr. 2019.

KALLAKURI, C.; VAIDYANATHAN, S.; KELLY, M.; CLUETT, R. The 2014 International Energy Efficiency Scorecard. **American Council for an Energy-Efficient Economy**, n. jul. p. 117, 2016. Disponível em: <https://aceee.org/sites/default/files/publications/researchreports/u1408.pdf>. Acesso em 08 dez.

LIANG, X. Emerging power quality challenges due to integration of renewable energy sources. **IEEE Transactions on Industry Applications**, v. 53, n. 2, p. 855–866, 2017. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=7738432>. Acesso em: 22 jan. 2018.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, v. 17, n. 1, p. 216–229, 2007. São Paulo-SP. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/prod/v17n1/14.pdf>. Acesso em: 28 set. 2018.

MIGUEL, P. A. C. (coord.) **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Plano nacional de energia 2030**. Brasília, 2007. Disponível em: [http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE 2030 - Projeções.pdf](http://epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-165/topico-173/PNE%202030%20-%20Projeções.pdf). Acesso em: 16 mar. 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Portaria MME 006/2014**. Brasília, 2014. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1169554/Portaria+6+de+06-01-2014+Publicado+no+DOU+de+08-01-2014/ea48e872-1303-4c87-9de5-c338e91a1e7c?version=1.0>. Acesso em: 16 mar. 2019.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Programa brasileiro de etiquetagem**: manual para aplicação do RTQ-C: Versão 4. Pbe Edifica, p. 212, 2017. Disponível em: http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/comercial/downloads/manual_rtqc2016.pdf. Acesso em: 22 ago. 2018.

MME - Ministério de Minas e Energia. **Planejamento do atendimento aos sistemas isolados**: instruções complementares para elaboração e apresentação de propostas de solução de suprimento com vistas à participação no Leilão para suprimento à Boa Vista e localidades, 2018. Disponível em: [http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_geracao/documentos/EPE-DEE-PT-085-2016-r0 \(Grupo A Lote I - Coari - Versão Edital\).pdf](http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/editais_geracao/documentos/EPE-DEE-PT-085-2016-r0%20(Gru%20A%20Lote%20I%20-%20Coari%20-%20Vers%C3%A3o%20Edital).pdf). Acesso em: 30 maio 2018.

MOREIRA, J. M. L.; CESARETTI, M. A.; CARAJILESCOV, P.; MAIORINO, J. R. Sustainability deterioration of electricity generation in Brazil. **Energy Policy**, v. 87, p. 334–346, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2015.09.021>. Acesso em: 27 maio 2017.

MUNIZ JUNIOR, J. **Modelo conceitual de gestão de produção baseado na gestão do conhecimento**: um estudo no ambiente operário da indústria automotiva. 2007. 148 f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2007. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/106425>. Acesso em: 17 mar. 2019.

NASCIMENTO, L.; BRANDÃO, M. Linhão de energia em Roraima será classificado como interesse nacional. **Agência Brasil**, Brasília, p. 1, 27. fev. 2019. Disponível em: <http://agencia-brasil.etc.com.br/economia/noticia/2019-02/linhao-de-energia-em-roraima-sera-classificado-como-interesse-nacional>. Acesso em: 20 mar. 2019.

PEREIRA, I. S.; FERREIRA, C. C.; MAGIAG, L. R. Classificação e agrupamento das cidades brasileiras em graus-dia de aquecimento e resfriamento: 1960 a 2013. **Urbe: Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v.9, supl.1, out. 2017. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2175-33692017000400286&lng=pt&tlng=pt. Acesso em: 02 jun. 2018.

SAKAR, S.; BALCI, M. E.; ABDEL ALEEM, S. H. E.; ZOBAA, A. F. Integration of large-scale PV plants in non-sinusoidal environments: considerations on hosting capacity and harmonic distortion limits. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, n. jul. 2017, p. 176–186, 2018. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.028>. Acesso em: 11 jan. 2018.

SONNENSCHIN, J.; HENNICKE, P. The german energiewende: a transition towards an efficient, sufficient green energy economy, lund university. **International Institute for Industrial Environmental Economics Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy Printed**. 2015. Disponível em: <http://portal.research.lu.se/ws/files/5552379/8228366.pdf>. Acesso em: 26 jan. 2018.

SRD - Superintendência de Regulação dos Serviços de Distribuição. **Indicadores individuais de continuidade por município**: DIC, FIC, DMIC E DICRI, todos definidos no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição (PRODIST). Aneel, 2018. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/qualidade-do-servico2>. Acesso em: 01 abr. 2019.

STEVENSON, W. J. **Estatística aplicada à administração**. Harbra, 1981. 495 p. Disponível em: [https://acervodigital.ssp.go.gov.br/pmgo/bitstream/123456789/308/21/Livro - Estatística Aplicada a Administração - Cap 4. pdf](https://acervodigital.ssp.go.gov.br/pmgo/bitstream/123456789/308/21/Livro%20-%20Estatística%20Aplicada%20a%20Administração%20-%20Cap%204.pdf). Acesso em: 28 maio 2018.

SUDAM. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia. Política de Desenvolvimento Industrial da Amazônia Legal: **Estado de Roraima**. Governo Federal: Ministério da Integração Nacional - MI, p. 171, 2014. Disponível em: http://www.sudam.gov.br/conteudo/menu/referencias/biblioteca/arquivos/sudam-2014/caf_2014_11281-cod811_PDIAL.pdf. Acesso em 19 out. 2018

TIBA, C. **Atlas solarimétrico do Brasil**: banco de dados terrestres, 2000. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes>. Acesso em: 09 maio 2017.

WEB OF SCIENCE. **Principal Web of Science Collection**: basic research in the period (1997-2018): topic. Disponível em: http://apps-webofknowledge.ez87.periodicos.capes.gov.br/WOS_GeneralSearch_input.do?SID=6DJZMgYMDUHGJH1UYuO&product=WOS&search_mode=GeneralSearch. Acesso em: 26 mar. 2018.

WHITE HOUSE. **The clean power plan**: climate change and president Obama's action plan. The white house office of the press secretary, 2015. Disponível em: <https://obamawhitehouse.archives.gov/president-obama-climate-action-plan>. Acesso em: 23 jun. 2017.