

MATHEUS GOMES RODRIGUES

**CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE HABITAÇÕES COM SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS SOB A TARIFA BRANCA E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

R696c
2019
Rodrigues, Matheus Gomes, 1992-
Consumo de energia elétrica de habitações com sistemas
fotovoltaicos sob a Tarifa Branca e Convencional / Matheus
Gomes Rodrigues. – Viçosa, MG, 2019.
ix, 138f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Joyce Correna Carlo.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Energia elétrica - Consumo. 2. Habitações. 3. Geração
distribuída de energia elétrica. 4. Serviços de eletricidade -
Tarifas. 5. Métodos de simulação. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Programa de
Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. II. Título.

CDD 22. ed. 621.3

MATHEUS GOMES RODRIGUES

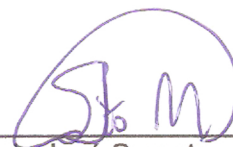
**CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA DE HABITAÇÕES COM SISTEMAS
FOTOVOLTAICOS SOB A TARIFA BRANCA E CONVENCIONAL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

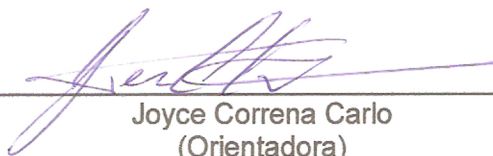
APROVADA: 26 de fevereiro de 2019.



Denise Mônaco dos Santos



Márcio José Sorgato



Joyce Correna Carlo
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, pelo amanhecer de cada dia e força em cada dificuldade.

À minha família, minha mãe, meu irmão e meus avós pelo apoio, conselhos e todo o incentivo.

À professora Joyce Carlo, pela sua dedicação neste trabalho, pelas orientações valiosas, pelo incentivo em cada dificuldade encontrada, pela confiança no meu trabalho. Serei eternamente grato por tudo que me ensinou.

Aos amigos do Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LATECAE) pelos conhecimentos e dicas.

Aos professores da Graduação e da Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, pelos ensinamentos oferecidos.

A todas as pessoas que contribuíram para a minha formação durante esse período em Viçosa.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Departamento de Arquitetura e Urbanismo (DAU) e ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPG.au) pelo apoio e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento das bolsas de estudo.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE QUADROS.....	vii
LISTA DE TABELAS	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT.....	ix
CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL.....	1
1.1 Introdução.....	1
1.2 Objetivos	6
1.2.1. Objetivo geral.....	6
1.2.2. Objetivos específicos.....	6
1.3 Métodos.....	7
1.3.1. Resumo dos métodos adotados no Capítulo 2	7
1.3.2. Resumo dos métodos adotados no Capítulo 3	8
1.3.3. Resumo dos métodos adotados no Capítulo 4	8
1.4 Estrutura da Dissertação.....	9
1.5 Referências.....	11
CAPÍTULO 2: DISTORÇÕES DA POLÍTICA ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL: (IN)VIABILIDADE DA TARIFA BRANCA PARA O CONSUMIDOR RESIDENCIAL.....	15
Resumo	15
2.1 Introdução.....	17
2.2 Método	21
2.2.1. Curvas de carga	21
2.2.2. Definição dos locais.....	23
2.2.3. Sazonalidade	24
2.2.4. Tarifas.....	27
2.3 Consumos.....	28
2.4 Resultados.....	29
2.4.1. ZB1	29
2.4.2. ZB3	30
2.4.3. ZB8	31
2.5 Conclusões	34
2.6 Referências.....	35

CAPÍTULO 3: SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE UNIDADES HABITACIONAIS BASEADA EM USUÁRIOS COM MODOS DE VIDA CONTEMPORÂNEO E TRADICIONAL	37
Resumo	37
3.1 Introdução.....	39
3.2 Modos de vida.....	41
3.3 Método	44
3.3.1. Perfis familiares.....	45
3.3.2. Padrões de uso e ocupação	46
3.3.3. Cargas internas.....	49
3.3.4. Simulação e calibração.....	50
3.4 Resultados.....	53
3.4.1. Percentuais de uso dos equipamentos	53
3.4.2. Curvas de carga	58
3.5 Conclusões	60
3.6 Referências.....	62
CAPÍTULO 4: IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTOVOLTAICA E DA TARIFA BRANCA NO CONSUMO DO SETOR RESIDENCIAL.....	65
Resumo	65
4.1 Introdução.....	67
4.2 Métodos	71
4.2.1. Inserção do Sistema Fotovoltaico	71
4.2.2. Simulação	73
4.2.3. Aplicação Tarifária.....	75
4.2.4. Análise.....	76
4.3 Resultados.....	77
4.3.1. Consumo e Geração	77
4.3.2. Custo de energia elétrica	80
4.4 Conclusão	84
4.5 Referências.....	86
CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO GERAL	89
5.1 Contribuição da pesquisa.....	91
5.2 Limitações do trabalho	91
5.3 Sugestão para trabalhos futuros.....	92
Apêndice	93

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASHRAE – American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers

LATECAE – Laboratório de Tecnologias em Conforto Ambiental e Eficiência Energética

TOU – Time of Use

ZB – Zona Bioclimática

TRY – *Test Reference Year*

RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais

DU – Dia útil

DS – Dia de sábado

DD – Dia de domingo

FDS – Final de semana

TE – Tarifa de energia

TUSD – Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição

TC – Tarifa Convencional

TB – Tarifa Branca

BG – Bento Gonçalves

SP – São Paulo

BE – Belém

ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica

M – Modelo

C – Contemporâneo

T – Tradicional

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.	3
Figura 2 - Geração de energia solar fotovoltaica no mundo 1990-2016.	5
Figura 3 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Convencional.	20
Figura 4 - Zoneamento bioclimático brasileiro.	23
Figura 5 - Variações de consumo em dias quentes (a) e dias frios (b).	24
Figura 6 - Identificação de consumos negativos na faixa de consumo 500-1.000 kWh.	25
Figura 7 - Curva típica da faixa até 80 kWh para ZB1.	26
Figura 8 - Curva típica da faixa até 80 kWh para ZB3.	Erro! Indicador não definido.
Figura 9 - Curva típica da faixa até 80 kWh para ZB8. Fonte: Elaborado.	27
Figura 10 - Tarifas Convencional e Branca distribuídas em regime horário, para CEEE (a), Eletropaulo (b) e Celpa (c).	28
Figura 11 - Curva da faixa 221-500 kWh.	29
Figura 12 - Curva da faixa acima de 1.000 kWh.	29
Figura 13 - Curva da faixa 221-500 kWh.	30
Figura 14 - Curva da faixa 500 - 1.000 kWh.	30
Figura 15 - Curva da faixa 81- 220 kWh.	32
Figura 16 - Curva da faixa até 80 kWh.	32
Figura 17 - Caso Teórico cuja curva de carga é constante ao longo do dia útil e final de semana.	33
Figura 18 - Modelo 3D e Planta dos modelos 1 e 7.	45
Figura 19 - Definição dos perfis familiares.	46
Figura 20 – Padrão de ocupação contemporâneo para (a) dias úteis e (b) finais de semana.	48
Figura 21 – Padrão de uso de equipamentos contemporâneo para (a) dias úteis e (b) finais de semana.	48
Figura 22 - Padrão de ocupação tradicional para (a) dias úteis e (b) finais de semana.	49
Figura 23 - Padrão de uso de equipamentos tradicional (a) dias úteis e (b) finais de semana.	49
Figura 24 - Esquema de calibração.	Erro! Indicador não definido.
Figura 25 - Usos finais do Modelo 1 em Bento Gonçalves Contemporâneo (a) Tradicional (b).	56
Figura 26 - Usos finais do Modelo 1 em São Paulo Contemporâneo (a) Tradicional (b).	56
Figura 27 - Usos finais do Modelo 1 em Belém Contemporâneo (a) Tradicional (b).	57
Figura 28 - Consumo mensal por categoria para Modelo 1. (a) Bento Gonçalves (b) São Paulo (c) Belém.	58
Figura 29 - Curvas de carga em Bento Gonçalves para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).	59
Figura 30 - Curvas de carga para verão em São Paulo para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).	60
Figura 31 - Curvas de carga para inverno em São Paulo para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).	60
Figura 32 - Curvas de carga em Belém para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).	60
Figura 33 – Composição dos casos simulados.	75
Figura 34 - Consumo mensal por categoria para Modelo 1. (a) Bento Gonçalves (b) São Paulo (c) Belém.	75
Figura 35 – Consumo e Geração mensal do Modelo 1 em Bento Gonçalves.	78
Figura 36 - Consumo e Geração mensal do Modelo 7 em Bento Gonçalves.	78
Figura 37 - Consumo e Geração mensal do Modelo 1 em São Paulo.	78
Figura 38 - Consumo e Geração mensal do Modelo 7 em São Paulo.	79
Figura 39 – Consumo e Geração mensal do Modelo 1 em Belém.	79
Figura 40 - Consumo e Geração mensal do Modelo 7 em Belém.	79
Figura 41 - Custo anual de energia elétrica para os modelos em Bento Gonçalves, aplicadas as Tarifas Convencional (TC) e Branca (TB).	81

Figura 42 - Custo anual de energia elétrica para os modelos em São Paulo, aplicadas as Tarifas Convencional (TC) e Branca (TB).....	81
Figura 43 - Custo anual de energia elétrica para os modelos em Belém, aplicadas as Tarifas Convencional (TC) e Branca (TC).	82

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Principais cargas residenciais.	18
Quadro 2 - Tarifas residenciais vigentes.	27
Quadro 3 - Perfis definidos.	46
Quadro 4 - Posse de equipamentos por faixas de renda e suas potências.	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Consumo horário para a faixa de até 80kWh.	22
Tabela 2 - Variações de consumo para faixa 501 a 1.000 kWh.	25
Tabela 3 - Tratamento dos consumos negativos.	26
Tabela 4 - Consumos diários para faixa até 80kWh.	28
Tabela 5 - Consumo mensal típico.	29
Tabela 6 - Resultados para concessionária CEEE (ZB1).	30
Tabela 7 - Resultados para concessionária ELETROPAULO (ZB3).	31
Tabela 8 - Resultados para concessionária CELPA (ZB8).	32
Tabela 9 – Resultados para o caso teórico.	33
Tabela 10 - Usos finais iniciais e calibrados com os dados de Abrahão do Modelos 1, Faixa 80 a 200 kWh/mês.	53
Tabela 11 - Usos Finais por ano do Modelo 1.	54
Tabela 12 - Média mensal do consumo anual por categoria e total.	55
Tabela 13 - Número de pavimentos possíveis para áreas de coberturas de edifícios habitacionais multifamiliares e número dos módulos fotovoltaicos de acordo com o modelo de unidade habitacional multifamiliar.	73
Tabela 14 - Características das localidades nos arquivos climáticos.	74
Tabela 15 - Valores das tarifas branca e convencional nas localidades definidas.	76
Tabela 16 - Custos anuais de energia (R\$) e médias das diferenças em cada modelo.	83

RESUMO

RODRIGUES, Matheus Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Consumo de Energia Elétrica de Habitações com Sistemas Fotovoltaicos Sob a Tarifa Branca e Convencional**. Orientadora: Joyce Correna Carlo.

O crescente desenvolvimento tecnológico vem mudando significativamente os hábitos de consumo da população, como a maior inserção de equipamentos de condicionamento artificial e geração distribuída, além da implementação do novo regime tarifário, a Tarifa Branca, que se caracteriza como um mecanismo de gerenciamento de carga pelo lado da demanda, cuja adoção prevê alterações nos hábitos de consumo. Este trabalho tem como objetivo avaliar o impacto da inserção dessas novas tecnologias e do novo regime tarifário no consumo energético residencial no território nacional, e avaliar se a Tarifa Branca, nos casos propostos cumpre o seu propósito. Foram obtidas por meio de simulação computacional no programa *EnergyPlus* 8.7, curvas de carga para três localidades, Bento Gonçalves, São Paulo e Belém, baseado em modos de vida definidos a partir de fontes bibliográficas foram estimados consumos e estes posteriormente foram calibrados com dados referenciais e após aplicados os custos de energia elétrica dos regimes tarifário Convencional e Branca. Foi possível verificar que as diferenças de consumo entre Tradicional e Contemporâneo concentram-se mais nos usos finais de Lazer, Iluminação e Serviços Gerais. Enquanto as diferenças entre localidades concentram-se em Conforto ambiental, Aquecimento de água e Conservação de alimentos, devido às condições climáticas. Os resultados mostraram como o clima impacta os benefícios da escolha da modalidade tarifária. Em Bento Gonçalves e São Paulo, a adoção de um sistema fotovoltaico alterou os benefícios devido à geração de energia combinada à substituição do chuveiro elétrico. Ainda, a demanda de energia para condicionamento ambiental determinou a viabilidade da adoção da Tarifa Branca nas localidades, principalmente onde este uso apresenta seu pico justamente nos horários de ponta, como nos casos de Belém, tornando assim a mudança do regime inviável para esse caso, sem que haja comprometimento do conforto dos usuários.

ABSTRACT

RODRIGUES, Matheus Gomes, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Electricity Consumption of Housing with Photovoltaic Systems Under the White and Conventional Tariff**. Adviser: Joyce Correna Carlo.

The growing technological development has significantly changed the consumption habits of the population, such as the greater insertion of artificial conditioning equipment and distributed generation, in addition to the implementation of the new tariff regime, the White Tariff, which is characterized as a mechanism of cargo management by the demand, whose adoption predicts changes in consumption habits. This study aims to evaluate the impact of the insertion of these new technologies and the new tariff regime on residential energy consumption in the national territory, and evaluate if the White Tariff in the proposed cases fulfills its purpose. The computational simulation in the EnergyPlus program 8.7, load curves for three locations, Bento Gonçalves, São Paulo and Belém, based on lifestyles defined from bibliographic sources, were estimated and the latter were calibrated with reference data and after applying the electricity costs of the Conventional and White tariff regimes. It was possible to verify that the differences of consumption between Traditional and Contemporary concentrate more on the end uses of Leisure, Lighting and General Services. While differences between localities focus on environmental comfort, water heating and food preservation due to climatic conditions. The results showed how the climate impacts the benefits of choosing the tariff modality. In Bento Gonçalves and São Paulo, the adoption of a photovoltaic system changed the benefits due to the generation of energy combined with the replacement of the electric shower. Moreover, the demand for energy for environmental conditioning has determined the feasibility of adopting the White Tariff in localities, mainly where this use shows its peak precisely at peak times, as in the cases of Belém, thus making the regime change unfeasible in this case, without compromising user comfort.

CAPÍTULO 1: INTRODUÇÃO GERAL

1.1 INTRODUÇÃO

Conhecer os hábitos de uso e o consumo de energia elétrica em edificações tem se tornado, cada vez mais, uma estratégia para enfrentar os atuais desafios relacionados à sustentabilidade, e para implantar projetos eficientes e economicamente viáveis. Dentre esses, os relacionados ao setor residencial ganham cada vez mais destaque devido a uma grande demanda frente a matriz energética do país. Além disso, o estudo da bioclimatologia aplicada à arquitetura possibilita minimizar o impacto do setor da construção civil sobre o meio ambiente, principalmente no que se refere às questões energéticas. Com a análise dos condicionantes climáticos, definição de estratégias e correta aplicação dos elementos construtivos, a arquitetura bioclimática visa à obtenção de conforto ambiental e da redução do consumo energético total (CARTANA, 2006).

No entanto é difícil analisar as características individuais das edificações, pois o estoque edificado existente é extenso e conta com construções de diferentes períodos e com diversas particularidades, impossibilitando que análises sejam conduzidas com base em um único edifício (KOO *et. al.*, 2014). A definição de modelos representativos do estoque edificado se torna então necessária para análises e para a estruturação de programas de certificações ambientais, visto que permitem a definição de escalas diferenciadas, incentivam decisões projetuais e contribuem para a eficiência energética das edificações (AKSOEZEN *et al.*, 2015).

A Diretiva 31 da União Europeia (2010) definiu que devem ser assumidos como modelos “edifícios que caracterizem e representem as edificações de determinada funcionalidade e localização geográfica, incluindo condições climáticas internas e externas”. Existem diversas formas para a definição dos modelos, como o utilizado por Vasconcelos *et al.* (2015) que definem edifícios de referência para Portugal e os trabalha mesclando dois métodos: utilizando dados estatísticos para descobrir o padrão de cada variável e, ocasionalmente, utilizando e consultando especialistas da área ou outras fontes de dados a fim de preencher as lacunas de informações existentes.

No Brasil, trabalhos como os de Tavares (2006), Sorgato (2009), Teixeira et al. (2015), com variados métodos e objetivos, propuseram a criação e definição de modelos representativos, e Telles (2016) baseou-se nestes trabalhos e definiu oito modelos de geometria e os materiais destas unidades habitacionais representativas. Porém, a partir da definição desses modelos, o que se pode concluir e como utilizá-los para dar respostas a questões de conforto e de eficiência energética ainda são questões pouco exploradas. Sorgato (2015) partiu de modelos previamente definidos para se aprofundar em uma discussão quanto ao conforto ambiental baseado em cenários que podem ocorrer na operação de um edifício residencial. Ele analisou perfis e comportamento dos usuários destas unidades habitacionais, mas no âmbito da eficiência energética, essa investigação ainda é pequena.

O pouco aprofundamento em estudos baseados em modelos representativos de unidades habitacionais que são recentes no Brasil e a atual demanda por edifícios eficientes justificam aspectos de um campo a ser estudado. Desta maneira, busca-se contribuir com a análise energética baseada em modelos representativos. Além disso, a crescente demanda de energia elétrica do setor residencial vem gerando diversas pesquisas com a temática da eficiência energética, nas duas últimas décadas, pelas áreas: econômica, das engenharias, social e ambiental. Estas pesquisas tendem, inicialmente, tornar compreensível o comportamento do consumo do setor e, posteriormente colaborar com o direcionamento de investimentos em políticas públicas e programas de eficiência energética, na busca de resultados mais efetivos (HSU, 2014).

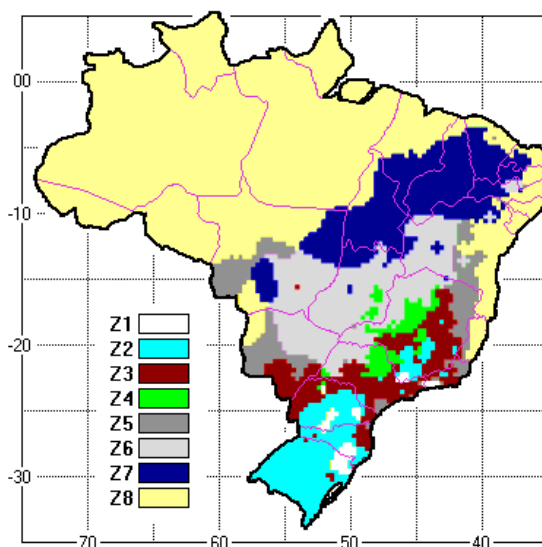
Diante deste quadro, estudos como Xu e Ang (2014) e Andrade e Pinheiro (2014) destacaram a importância de se conhecer e caracterizar o consumo energético no setor residencial, e suas mudanças ao longo do tempo, como uma ferramenta útil na análise da política energética para compreender o passado, avaliar a situação atual e estudar futuros possíveis no que se refere ao consumo de energia. Para Scalco (2016), o projeto arquitetônico é beneficiado ao contribuir de maneira significativa para o melhor aproveitamento e gerenciamento da energia utilizada, se elaborado adequadamente em relação à insolação, iluminação e ventilação.

O estudo de Borgstein e Lamberts (2014) afirma que estudos que simulam e

mapeiam comportamentos ligados ao desempenho de uma edificação são úteis para criação de *benchmarks*¹, e que estes introduzem um parâmetro de desempenho que pode ser usado como uma meta para medir, avaliar e incentivar melhorias no desempenho energético, além da possibilidade destes dados servirem de base para programas de eficiência energética e, programas de certificação a nível nacional.

O clima brasileiro é dividido, segundo a NBR 15220-3 (ASSOCIAÇÃO..., 2003), em oito zonas bioclimáticas (Figura 1), com diferentes estratégias indicadas para proporcionar conforto térmico em cada uma delas, e diferentes usos finais que caracterizam o consumo energético. Segundo Gonçalves et al. (2004), o desempenho térmico da edificação corresponde à resposta da habitação, em termos de parâmetros climáticos interiores, ao clima da área onde se encontra e às características termo físicas arquitetônicas e dos materiais que influenciam significativamente nos fluxos energéticos. Neste sentido, a sazonalidade sobre a demanda de consumo de energia elétrica influencia diretamente no consumo final de equipamentos, principalmente chuveiro e ar condicionado, caracterizando assim a necessidade de trabalhar com os modelos de unidades habitacionais em diferentes zonas bioclimáticas.

Figura 1 - Zoneamento bioclimático brasileiro.



Fonte: ASSOCIAÇÃO..., 2003.

No estudo de Fedrigo *et. al* (2009), o uso final de eletricidade no Brasil foi

¹ Benchmarking é um processo de comparação de produtos, serviços. Tem o objetivo de melhorar as funções e processos de um determinado objeto. E o chamado benchmark é o referencial de excelência em si, utilizado para comparação.

analisado separadamente para inverno e verão e foi observado que o ar condicionado, que responde por 2% do consumo ao longo do inverno e de 16% ao longo do verão, é o equipamento que apresentou uma diferença maior de consumo se comparado aos outros equipamentos. Nesse sentido, caracterizar o estoque edificado residencial e fazer análises quanto à eficiência energética das edificações possibilita propostas e discussões para melhorias no processo de etiquetagem nacional vigente PBE Edifica, e também da definição de estratégias corretas que visem minimizar o consumo energético final do setor (TEIXEIRA et al., 2015).

Em seus trabalhos Xu e Ang (2014) e Fumo, Mago e Luck (2010) destacaram nas pesquisas que o consumo de energia elétrica no setor residencial apresenta grande número de variáveis, e conhecê-las é fundamental para garantir um melhor aproveitamento energético. Também destacaram que o conhecimento dos hábitos de utilização de energia e usos finais aliado com novas pesquisas de eficiência energética é a forma mais barata elaborar soluções que diminuam o consumo de energia elétrica e evitar os danos futuros ao meio ambiente.

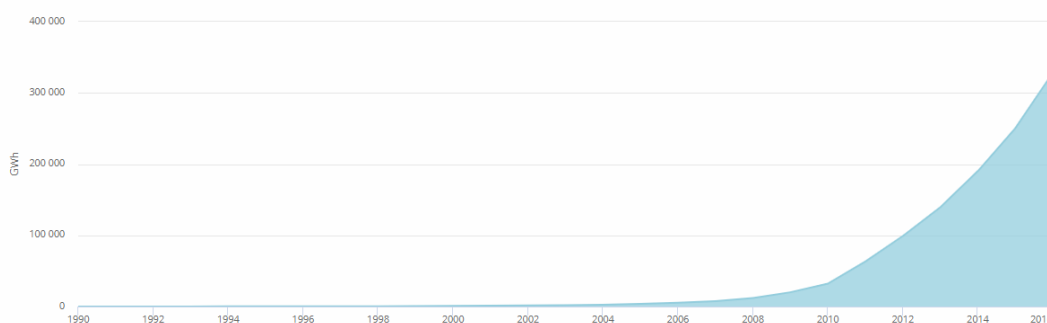
No setor residencial, o crescente desenvolvimento tecnológico vem mudando significativamente os hábitos de consumo da população. É comum residências que há dez anos possuíam poucos equipamentos elétricos e eletrônicos possuírem, atualmente, uma quantidade bem superior destes. É importante que esse aumento na demanda de energia elétrica seja acompanhado de uma constante expansão do setor elétrico, principalmente no setor de distribuição (CARVALHO; SANTOS; NETO, 2015). Diante disso, Abrahão (2015) destaca que o crescimento da produção de ar condicionado entre 2005 e 2012 foi de 186,2%, e de 182,3% em vendas, e que os resultados estimados para 2020 apresentam um crescimento de posse do aparelho de ar condicionado e a intensificação do seu uso nos domicílios, principalmente nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul.

Outra tecnologia em crescimento de adesão no setor é a geração distribuída a partir de energia solar fotovoltaica, que se revela uma fonte promissora, tanto para as áreas distantes e ainda não eletrificadas, como também para os grandes centros urbanos, nos quais as demandas de ar-condicionado elevam as curvas de carga das edificações, apresentando uma excelente opção com a geração solar, pois quando locados estrategicamente no sistema de distribuição podem

contribuir significativamente para a redução do consumo energético originado da rede pública de distribuição (DAVÍ et al., 2016). Desde 2012, está em vigor a Resolução Normativa ANEEL nº 482, (2012) que foi ampliada pela Resolução Normativa ANEEL nº 687, (2015) que prevê que o consumidor pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e, inclusive, fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade, já que o excedente gerado se transforma em crédito para o consumidor com validade de até 60 meses.

Dessa forma, a inserção da energia solar fotovoltaica na matriz energética nacional, de forma complementar, poderia trazer benefícios, ao setor energético, aos usuários e aos setores econômicos e sociais do país. No ano de 2016 a geração de energia solar em todo mundo cresceu aproximadamente 50%, equivalente a 75 gigawatts (GW), elevando assim, a potência mundial instalada para 303 GW, sendo a China responsável por 40% desse crescimento (INTERNATIONAL..., 2017). Neste mesmo ano a micro e mini geração distribuída no Brasil atingiu 104,1 GWh com uma potência instalada de 72,4 MW, com destaque para a fonte solar fotovoltaica, com 53,6 GWh e 56,9 MW de geração e potência instalada respectivamente (EMPRESA..., 2017).

Figura 2 - Geração de energia solar fotovoltaica no mundo 1990-2016.



Fonte: International...,2017.

As curvas de carga do subgrupo residencial possuem uma concentração típica de consumo de energia elétrica no período de ponta do sistema, resultante da grande utilização de equipamentos e maior concentração de consumidores por unidade consumidora nesse período. Com isso, surgiu a proposta da ANEEL de uma nova modalidade de tarifação horária para o grupo de baixa tensão, a Tarifa Branca. A partir dela Azevedo e Calili (2018) destacam que a mudança nos hábitos de consumo das unidades consumidoras do subgrupo residencial possibilitará benefícios para o consumidor. Ele poderá ter o valor de sua fatura

reduzido por meio do gerenciamento do uso de cargas de sua residência. Para o setor elétrico, o benefício é a redução da ponta no sistema, o que reduz investimentos em aumento da capacidade da rede de geração e distribuição.

O novo regime é do tipo *time of use* (TOU) e como foi regulamentado na Resolução Normativa nº 733, Aneel (2016), o consumidor tem o direito de solicitar a adesão à Tarifa Branca desde 1º de janeiro de 2018, seguindo o calendário de disponibilidade. O enquadramento do consumidor é opcional, e a nova modalidade sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo.

Com isso, as simulações e a avaliação das unidades habitacionais e de suas características quanto à eficiência serão importantes para dar respostas e avaliar quais os impactos causados por novas demandas do atual mercado neste setor. Como a inserção cada vez maior de equipamentos de ar condicionado nas residências, o aumento do uso de tecnologias fotovoltaicas, além do novo regime tarifário baseado em horários para a cobrança, a chamada Tarifa Branca. A partir da simulação energética baseada nos oito modelos definidos por Telles (2016), a intenção da pesquisa é responder as seguintes questões:

- Qual o impacto da inserção das tecnologias de condicionamento de ar, geração fotovoltaica e do novo regime tarifário no consumo energético residencial no território nacional?
- Quais os perfis de consumo previstos diante destas novas políticas tarifárias?
- E qual o padrão de consumo esperado para o setor residencial?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo geral

Avaliar o cenário do uso residencial de energia com a inserção de sistemas de geração distribuída fotovoltaica perante os regimes tarifários, Convencional e Branca.

1.2.2. Objetivos específicos

- A. Estabelecer perfis de consumo energético a partir de curvas de carga

típicas para o setor residencial.

- B. Relacionar os modelos de unidades habitacionais e perfis de consumo, com novos modos de morar e definir modos de vida chamados Tradicional e Contemporâneo.
- C. Simular o consumo e a geração energética horária em três zonas bioclimáticas brasileiras.
- D. Aplicar a tarifa branca e tarifa convencional para análise com os perfis de consumo estabelecidos.

1.3 MÉTODOS

Esta pesquisa é exploratória, com abordagem quali-quantitativa, e utiliza procedimentos experimentais e baseados em bibliografia, seguindo as seguintes etapas metodológicas:

1.3.1. Resumo dos métodos adotados no Capítulo 2

Cada tipo de consumidor apresenta uma curva de carga padrão, e é esperado que um consumidor residencial possua um comportamento de consumo relativamente uniforme durante o dia com alguns horários de variação e, durante o período de pico, o consumo cresça consideravelmente. Esta etapa busca compreender de que forma se dá o consumo típico do setor residencial brasileiro levando em consideração variações sazonais. Para isso, foram utilizadas como base para as curvas os dados disponíveis no trabalho de Menezes (2014) onde estão disponíveis medições realizadas pela empresa AES Sul no estado do Rio Grande do Sul, em frequência horária, com a média dos dias úteis e fim de semana, para cada uma das cinco faixas de consumo (ANEEL, 2010). Estas medições foram levantadas no período de inverno no estado do Rio Grande do Sul, e neste trabalho foram adotadas como consumo típico de um clima predominantemente frio, a Zona Bioclimática 1. Em seguida, foram escolhidas outras duas localidades com diferentes características climáticas, e os dados foram então adaptados pra uma localidade com clima predominantemente quente como estado do Pará, dentro da Zona Bioclimática 8, e uma localidade de características de clima ameno como estado de São Paulo, Zona Bioclimática 3, com as zonas definidas segundo o zoneamento da NBR 15220-3

(ASSOCIAÇÃO..., 2003). Ao obter os consumos típicos para as zonas 1,3 e 8 foram aplicadas às diferentes faixas de consumo as duas modalidades tarifárias, Convencional e Branca.

1.3.2. Resumo dos métodos adotados no Capítulo 3

Nesta etapa deste trabalho buscou-se compreender por meio da simulação computacional no programa EnergyPlus versão 8.7, o consumo energético de modelos de unidades habitacionais definidos no trabalho de Telles (2016). Partindo da modelagem de cargas individuais de unidades habitacionais ao considerar e caracterizar perfis familiares e usuários com modos de vida denominados contemporâneo e tradicional, definidos a partir de trabalhos como os de Sorgato (2015) e Anitelli (2015). Com estes dados foi realizada a simulação dos modelos em três localidades utilizando arquivos climáticos TMY Inmet (2016) de Bento Gonçalves (ZB1), São Paulo (ZB3) e Belém (ZB8). O dimensionamento do ar condicionado foi automático (*autosize*), e com parâmetros de contorno pelo RTQ-R (INSTITUTO..., 2010). Também foi realizada a calibração dos dados obtidos pela simulação com os percentuais de uso final por região de Abrahão (2015) e curvas de carga típicas. Assim, foram definidos os cenários dos usuários ligados aos modelos de unidade habitacional inseridos no programa de simulação, identificando para cada modelo a faixa de consumo, os padrões de uso e de ocupação, os equipamentos com base na faixa de renda e as cargas internas para cada caso, bem como seu consumo de energia elétrica final.

1.3.3. Resumo dos métodos adotados no Capítulo 4

Definidos os modelos de unidades habitacionais de acordo com os perfis com base nas etapas anteriores, a simulação foi realizada para as cidades de Bento Gonçalves (ZB1), São Paulo (ZB3), Belém (ZB8). Um sistema fotovoltaico foi inserido nos modelos de unidades habitacionais, condicionadas artificialmente, após levantamento bibliográfico, que definiu a quantidade de módulos e o tipo de tecnologia empregada. Aquecedores solares substituíram o chuveiro elétrico para os casos simulados com painéis fotovoltaicos. Os resultados foram obtidos em frequência horária para a determinação da média de geração e de consumo energético final em cada um dos casos.

Com os resultados de consumo e geração horários obtidos a partir das simulações, foram aplicadas as tarifas para análise da viabilidade econômica da mudança tarifária de cada caso. A análise considerou apenas o custo final da energia para o consumidor dentro de cada concessionária, sendo este determinado pelo preço da tarifa de energia (TE) somado ao preço da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD), o que exclui impostos, já que estes se aplicam para ambos os regimes. Os valores referentes às tarifas que serão aplicadas estão definidos por cada concessionária e homologados pela Aneel e disponíveis nas Resoluções Homologatórias da Aneel (2401/2018a; 2412/2018b; 2433/2018c) para tarifas de aplicação das modalidades Convencional e Horário Branca, para o subgrupo residencial.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

A dissertação está dividida em cinco capítulos, sendo os capítulos dois, três e quatro desenvolvidos em formato de artigos.

No Capítulo 1 apresenta-se a introdução e justificativa da escolha do tema, em que foram expostos objetivos e resumo dos métodos adotados e a estrutura da dissertação.

No Capítulo 2, foi investigado o Objetivo Específico A. Este capítulo teve como foco compreender o consumo típico do usuário do setor energético residencial e como este se comporta em diferentes localidades, além de avaliar a aplicação das Tarifas Convencional e Branca a estes perfis.

No Capítulo 3, foi investigado o Objetivo Específico B. Este capítulo teve como escopo modelar o consumo de energia elétrica de modelos de unidades habitacionais em três localidades Bento Gonçalves (ZB1), São Paulo (ZB3) e Belém (ZB8), cujos moradores têm modos de vida chamados de Tradicional e Contemporâneo, e calibra-los com os percentuais de usos finais divididos por categorias para as regiões brasileiras.

No Capítulo 4, foi investigado o Objetivo Específico C e D. Este capítulo está vinculado ao objetivo geral do trabalho, em que foi investigado se a mudança para este novo sistema de cobrança, a Tarifa Branca, irá beneficiar ou prejudicar as unidades consumidoras dado o perfil de consumo e geração de energia fotovoltaica.

No Capítulo 5, são apresentadas as conclusões dos capítulos 2, 3 e 4, além de uma conclusão geral que integra os quatro objetivos específicos. Neste capítulo, foram apresentadas as contribuições e limitações do trabalho e sugestões para trabalhos futuros.

1.5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15220-3. Desempenho térmico de edificações - parte 3: Zoneamento bioclimáticos brasileiros e diretrizes construtivas para habitação unifamiliar de interesse social**. Rio de Janeiro. ABNT, 2003.

ABRAHÃO, K. C. F. **Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da análise da estrutura do consumo residencial de energia elétrica por região geográfica**. 2015. 244f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

AKSOEZEN, M.; DANIEL, M.; HASSLER, U.; KOHLER, N. Building age as indicator for energy consumption. **Energy and Buildings**, v. 87, p. 74-86, 2015.

ANDRADE, F. V.; PINHEIRO, R. B. Análise de decomposição da projeção de consumo de energia elétrica no Brasil para o setor residencial. **ENGEVISTA**, Belo Horizonte, v. 16, n. 4, p. 340-355, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2010). Nota Técnica no 362/2010. SRE-SRD/ANEEL - Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica, sinal econômico para baixa tensão. 2010. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/120/documento/nota_tecnica_n%C2%BA_362_2010_sre-srd-aneel.pdf>. Acesso em 14 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2012). **Resolução Normativa nº. 482 de 2012**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em 22 de agosto de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2015). **Resolução Normativa nº. 687 de 2015**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em 14 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2016). **Resolução Normativa nº. 733 de 2016**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016733.pdf>>. Acesso em 14 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2017). **Resolução Homologatória nº. 2.214 de 2017**. Brasília. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20172214ti.pdf>>. Acesso em 14 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2018a). **Resolução Homologatória nº. 2401 de 2018**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182401ti.pdf>>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2018b) **Resolução Homologatória nº. 2412 de 2018**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182412ti.pdf>>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2018c). **Resolução Homologatória nº. 2433 de 2018**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182433ti.pdf>>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

ANITELLI, F. **[Re]produção?: repercussões de características do desenho do edifício de apartamentos paulistanos em projetos empreendidos no Brasil**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

AZEVEDO, F. S.; CALILI, R. F. The impact of time-of-use electricity tariffs for Brazilian. **Journal of Physics: Conference Series**, v. 1044.

residential consumers using smart meter real data

BORGSTEIN E. H., LAMBERTS R. Developing energy consumption benchmarks for buildings: Bank branches in Brazil. **Energy and Buildings**, v.82, p. 82–91, 2014.

CARTANA, R. P. **Oportunidades e limitações para a bioclimatologia aplicada ao projeto arquitetônico**. 2006. 140f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, Florianópolis, 2006.

CARVALHO, R. Q.; SANTOS, G. V.; NETO, M. C. B. Gestão Estratégica de P&D+i em uma Empresa Pública do Setor Elétrico Brasileiro. **Gestão & Tecnologia**, v. 15, n. 1, p. 32-67, 2015.

DAVÍ, G. A.; MARTÍN, E. C.; RÜTHER, R.; SOLANO, J. Energy performance evaluation of a net plus-energy residential building with grid-connected photovoltaic system in Brazil. **Energy and Buildings**, v. 120, p.19–29, 2016.

DIRETIVA. **The Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings**. União Européia, 2010.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2016: Ano base 2015**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2016.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2017.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F.; GHISI, E. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 104. 2009.

FUMO, N.; MAGO, P.; LUCK, R. Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models. **Energy and Buildings**, Mississippi, v. 42, p. 2331-2337, 2010.

GONÇALVES, H.; PANÃO, M. O.; CAMELO, S.; GRAÇA, J. M.; RAMALHO, A.; AUIAR, R. **Ambiente construído, clima urbano, utilização racional de energia nos edifícios da cidade de Lisboa**. Lisboa, INETI, 2004.

HSU, D. How much information disclosure of building energy performance is necessary? **Energy Policy**, v. 64, p. 263-272, 2014.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais. Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>>. Acesso em 02/07/2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. **Solar leads the charge in another record year for renewables**. Disponível em <<https://www.iea.org/renewables/>> . Acesso em 14 de setembro de 2018.

KOO, C.; PARK, S.; HOG, T.; PARK, H. S. An estimation model for the heating and cooling demand of a residential building with a different envelope design using the finite element method. **Applied Energy**, v. 115, p. 205-215, 2014.

MENEZES, H. L. **Avaliação da aplicação da modalidade tarifária horária branca: Estudo de caso para consumidores residenciais**. 2014. 86f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) Engenharia de Energia. Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

SCALCO, V. A. Método para a avaliação do impacto de edificações no acesso à iluminação natural em vizinhanças urbanas aplicado em cenários virtuais. **Ambiente Construído**, v. 16, nº 2. Porto Alegre. 2016

SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente**. Dissertação (Mestrado). Centro Tecnológico – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SORGATO, M. J. **A influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

TAVARES, S. F. **Metodologia para análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado). Centro Tecnológico - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TEIXEIRA, C. A.; INVIDIATA, A.; SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; FOSSATI, M. LAMBERTS, R. **Levantamento das características de edifícios residenciais brasileiros**. CB3E - Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações, Florianópolis, 2015.

TELLES, C. P. **Proposta de simplificação do RTQ-R**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

VASCONCELOS, A. B.; PINHEIRO, M. D.; MANSO, A.; CABAÇO, A. A Portuguese approach to define reference buildings for cost-optimal methodologies. **Applied Energy**, v. 140, p.316 – 328, 2015.

XU, X. Y.; ANG, B. W. Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis. **Applied Energy**, Singapore, v. 113, p. 342-351, 2014.

CAPÍTULO 2: DISTORÇÕES DA POLÍTICA ENERGÉTICA NO SETOR RESIDENCIAL: (IN)VIABILIDADE DA TARIFA BRANCA PARA O CONSUMIDOR RESIDENCIAL

RESUMO

Em 2010, a Agência Nacional de Energia Elétrica iniciou estudos visando o gerenciamento pelo lado da demanda a partir de uma modalidade tarifária diferenciada pelo horário em que a energia é consumida. Visava possibilitar ao consumidor um estímulo financeiro para realizar seu gerenciamento de carga: a Tarifa Branca. Este artigo tem por objetivo analisar a viabilidade da mudança para o novo regime tarifário por meio de análises dos custos mensais de energia para a nova modalidade e a convencional. Curvas de carga típicas foram usadas para aplicar a tarifa em três localidades do país, concessionárias CEEE (RS), Eletropaulo (SP) e Celpa (PA). Foi observada a pequena redução de custos para o consumidor com a adoção da Tarifa Branca em poucos casos, sendo o melhor na concessionária Celpa na faixa de 500-1.000kWh, com economia de aproximadamente 1% da fatura. Esse resultado aponta distorções no programa que se inicia com uma adesão voluntária.

Palavras Chaves: Eficiência Energética, Hábitos de Consumo, Habitação, Políticas Públicas, Tarifa Branca.

ABSTRACT

In 2010, the National Agency of Electric Energy initiated studies aiming the demand side management, considering a tariff that would take into account the hour of the day the electricity is consumed. It intended to enable the consumer to an option of a financial incentive to carry out their load management: the “Tarifa Branca”. This paper aims to analyze the viability of adopting the new tariff regime by analyzing the monthly energy costs for the new proposal and the conventional one. Load curves models were used to apply the tariff in three locations in the country: utilities CEEE (RS), Eletropaulo (SP) and Celpa (PA). It was observed a small reduction of costs for the consumer with the adoption of the “Tarifa Branca” in a few cases, whose best case was in Celpa utility for the electricity consumption range of 500 – 1,000kWh, with savings close to 1% of the monthly bill. This result points out the distortions on a program which begin with a voluntary affiliation.

Key-words: Energy Efficiency, Consumption Behavior, Housing, Public Policies, Tarifa Branca.

2.1 INTRODUÇÃO

Segundo a Aneel (2010) 56,1% da energia total consumida no país é consumida pelo grupo B, baixa tensão, e dentro desse universo 60% são referentes ao consumo do subgrupo B1, residencial, que leva ao consumo de 33,66% da energia elétrica no país. A curva de carga do subgrupo B1 possui uma concentração típica de consumo de energia elétrica no período de ponta do sistema, resultante da grande utilização de equipamentos e maior concentração de usuários por unidade consumidora nesse horário.

Diante deste quadro, estudos como XU e Ang (2014), Achão e Schaeffer (2009) e Andrade e Pinheiro (2014) destacam a importância de se conhecer e caracterizar o consumo energético no setor residencial e suas mudanças ao longo do tempo. A análise da política energética visa compreender o passado, avaliar a situação atual e estudar futuros cenários de consumo de energia elétrica, eficiência energética e questões ambientais que envolvem o setor.

Fumo, Mago e Luck (2010) destacam que o conhecimento dos perfis e do consumo de energia facilitam a implementação de ações para reduzir os custos operacionais dos edifícios. Por exemplo, são necessários dados de consumo horário para a aplicação de diferentes tecnologias de rastreamento. Este tipo de informação é utilizado para avaliar tecnologias de eficiência energética em edifícios por meio da comparação de equipamentos convencionais de aquecimento e refrigeração com tecnologias como cogeração, solar térmica e solar fotovoltaica, facilitando o gerenciamento das cargas.

Os perfis de consumo podem ser configurados ao caracterizar os consumos individuais dos sistemas. *Silva et al.* (2013) concluíram que o maior uso final de eletricidade registrado em habitações de interesse social na cidade de Florianópolis foi devido ao chuveiro elétrico, tanto para períodos de verão quanto de inverno, e com grande participação de refrigeradores e iluminação. Quanto à condição inverno/verão decorrentes de equipamentos térmicos, Abrahão (2015) encontrou uma diferença de 52% no consumo das habitações da região Sudeste. Os equipamentos de uma residência são divididos em dois segmentos, gerenciáveis e não gerenciáveis. Não gerenciáveis são aqueles que independem da ação do consumidor em um período específico de tempo, permanecendo ativos na rede elétrica constantemente. Já os gerenciáveis são aqueles não ativos na rede em tempo integral e são os principais responsáveis pela alta do

consumo no horário de pico do sistema. Com o Quadro 1 exemplificam-se as principais cargas destes segmentos em uma unidade residencial, com destaque para o ar condicionado que no momento inicial é gerenciável, mas após ligado tem funcionamento parecido com de uma geladeira com acionamento por termostato.

Quadro 1 - Principais cargas residenciais.

Gerenciáveis	Não gerenciáveis
Chuveiro	Geladeira
Iluminação	
Televisores	
Ar Condicionado*	Freezer
Máquina de Lavar	

Fonte: Elaborado pelo autor.

Segundo Affonso e Silva (2015), o gerenciamento de energia tem despertado um crescente interesse da sociedade nos últimos anos. Este aumento deve-se a necessidade de atendimento de novos consumidores, a presença de tecnologias nas atividades básicas do cotidiano, a necessidade de preservação do meio ambiente e as crises econômicas mundiais. O mercado de eletricidade passou então a buscar novos caminhos alternativos, como uma opção surge então o gerenciamento pelo lado da demanda (DSM, do inglês *Demand-Side Management*), que é o planejamento e implementação de atividades para influenciar de que maneira se dá o uso de eletricidade pelo consumidor, produzindo assim as mudanças desejadas na curva de carga da concessionária de energia elétrica.

As mudanças no padrão da curva de carga podem ocorrer através da redução dos picos de carga, preenchimento de vales, deslocamento de cargas, conservação estratégica, além da flexibilização da curva (AFFONSO e SILVA, 2015). Siebert et al. (2012) destacam que gerenciamento pelo lado da demanda agrega dentro de seu conceito diferentes ações para o gerenciamento de carga, incluindo tarifas variáveis, como a modalidade tarifária horária aplicada em diversos outros países sob a denominação de *Time of use* (TOU).

Tan, Yang e Nehorai (2014) afirmam que o sistema TOU é um dos métodos mais eficientes de gerenciamento pelo lado da demanda, onde as empresas do setor elétrico podem alterar e influenciar o comportamento do usuário. Ao definir diferentes preços durante o dia, a empresa pode incentivar que os clientes

mudem sua demanda para horários fora de pico, resultando em uma curva mais distribuída com picos não concentrados.

O Brasil adotou essa nova forma de gerenciamento pelo lado da demanda, com tarifas variáveis para o setor residencial a partir de 2018. Foi elaborada a proposta da Aneel de aplicar uma nova modalidade de tarifação horária para o grupo de baixa tensão, a Tarifa Branca, que taxou o período de ponta de maneira mais elevada que o período fora de ponta. Este, em compensação, é mais baixo que a tarifa Convencional. Espera-se principalmente que o gerenciamento do uso das cargas das unidades do subgrupo residencial gere benefícios tanto para o consumidor, que poderá ter o valor de sua fatura reduzido por meio da mudança nos hábitos de consumo de sua residência, quanto para o setor elétrico, incluídas empresas geradoras e distribuidoras de energia, pela redução da ponta de consumo no sistema.

As tarifas horárias variam de acordo com as horas dependendo de períodos pré-estabelecidos por cada país. A definição desses períodos é realizada com base nos estudos de curva de carga típica do grupo a que TOU será aplicada. No Canadá, por exemplo, um estudo mostrou que aproximadamente 90% dos consumidores alteraram seus hábitos de consumo para se adequar a aplicação da TOU, gerando uma economia mensal de 3% a 6% sobre o valor da fatura. Mediante estes resultados tidos como promissores, a TOU canadense foi regularizada e atualmente é aplicada por diversas concessionárias de distribuição do país (ONTARIO..., 2016).

Porém, caso o preço das tarifas no sistema horário não seja um atrativo para o consumidor, possibilitando a ele uma economia que valha as suas mudanças de hábito, estes podem desistir do novo sistema de tarifação. Em seu trabalho, Joskow (2012) afirma que, em 2008, no estado da Califórnia nos Estados Unidos, após um primeiro momento de grande adesão ao novo sistema (cerca de 35% do usuários), apenas cerca de 1% dos clientes residenciais ligados a rede permaneceram cadastrados na opção TOU, já que este não se mostrou economicamente vantajoso.

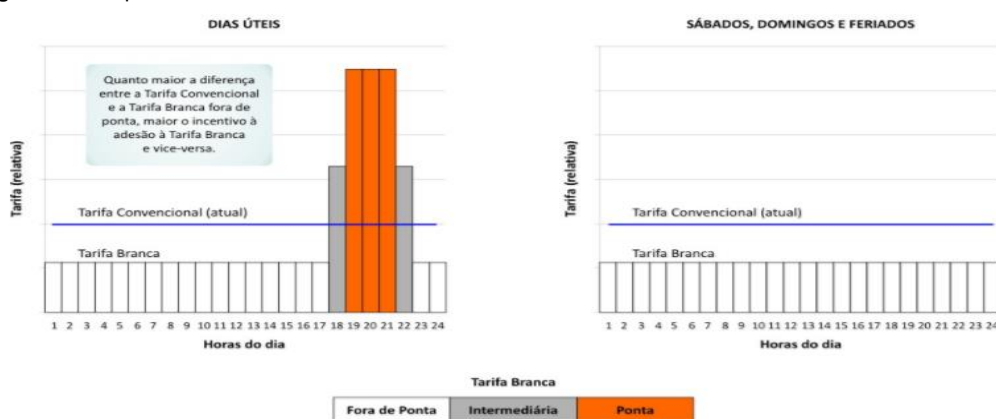
No Brasil, todo esse processo é recente e vem sendo desenvolvido aos poucos por meio de programas piloto executados por concessionárias de energia elétrica, abrangendo grupos de algumas centenas ou milhares de consumidores (LIMBERGER; SOUZA; CALILI, 2014). Mesmo em fase inicial, a nova estrutura

tarifária estava prevista para vigorar a partir de março de 2014, com caráter opcional e que cobraria mais caro pelo uso da energia durante o horário de ponta. No entanto, esta data foi postergada para 2015, por falta de medidores eletrônicos homologados pelo Inmetro, e está disponível desde 2018.

Limberger, Souza e Calili (2014), corroboram com o pensamento de que este modelo tarifário, composto por valores diferenciados de tarifa, oferece incentivos financeiros aos consumidores para deslocarem suas cargas do horário de pico do sistema para os demais horários. Também afirmam que esse deslocamento do consumo contribuiria para o alcance de uma maior homogeneidade na curva de carga do sistema e, conseqüentemente, na postergação dos investimentos em rede de distribuição, transmissão e no aumento da potência máxima de geração do país. Assim, a criação da Tarifa Branca incentiva o uso mais eficiente da rede e promove a sinalização de preços como um dos mecanismos indutores da modulação da carga.

Como foi regulamentado na Resolução Normativa nº 733, Aneel (2016). O enquadramento do consumidor é opcional, e a nova modalidade sinaliza aos consumidores a variação do valor da energia conforme o dia e o horário do consumo. Está disponível para as instalações do Grupo B, que são unidades de baixa tensão, 127, 220, 380 ou 440 volts, e seguindo a Resolução Normativa nº. 414/2010 ANEEL (2010), contemplará três postos tarifários: ponta, fora ponta e intermediário, conforme Figura 3.

Figura 3 - Comparativo entre a Tarifa Branca e a Convencional.



Fonte: Aneel (2015). Acesso em: 02/06/2017

Os valores cobrados por posto são estabelecidos por cada concessionária, respeitando os limites e relações estabelecidos segundo a Nota Técnica n.º 311/2011 (AGENCIA..., 2015), referente à Audiência Pública n.º 120/2010. A

relação entre postos é definida como:

As relações ponta/fora de ponta e intermediária/fora de ponta estão definidas como 5 (cinco) e 3 (três), respectivamente, para a tarifa de uso do sistema de distribuição, excluído eventual sinal horário na energia. A relação entre a tarifa do posto fora de ponta da modalidade branca e a tarifa convencional, denominada constante k_z , deve ser igual a 0,55. A constante k_z pode ser proposta pela distribuidora, desde que fundamentada nas tipologias de carga da área de concessão e necessariamente menor que a unidade (AGENCIA...,2015).

Importante destacar que apesar da data inicial de janeiro de 2018, existe um cronograma de preferência, de modo a dar prioridade às solicitações com as seguintes características: Qualquer nova unidade, e unidades consumidoras com média anual de consumo mensal superior a 500 kW/h (janeiro de 2018). Unidades consumidoras com média anual de consumo mensal superior a 250 kW/h (janeiro de 2019). Todas as unidades consumidoras sem preferências (janeiro de 2020).

Portanto, é necessário compreender o consumo típico do usuário do setor energético residencial e como este se comporta em diferentes localidades, para que se possa avaliar a viabilidade econômica da mudança da Tarifa Convencional para a Tarifa Branca. Essa viabilidade pode estar atrelada à necessidade de mudanças nos hábitos de consumo do setor residencial, e conseqüentemente, impactar o modo de morar da população brasileira para o gerenciamento de carga. Entender essa perspectiva futura poderá subsidiar as políticas energéticas e de habitação com possíveis reflexos no espaço construído. Portanto, este artigo tem por objetivo avaliar a viabilidade da Tarifa Branca em relação à Tarifa Convencional para o consumidor residencial em três localidades brasileiras considerando hábitos de consumo típicos.

2.2 MÉTODO

O método é dividido em levantamento das curvas de carga típicas e faixas de consumo, escolha dos locais de análise com tratamento das curvas de cargas para ajustes sazonais e, por fim, aplicação das tarifas dentro de cada faixa de consumo e para cada localidade.

2.2.1. Curvas de carga

Cada tipo de consumidor apresenta uma curva de carga padrão. É esperado que um consumidor residencial possua um comportamento de consumo relativamente uniforme durante o dia com alguns horários de variação e, durante o período de pico, o consumo cresça consideravelmente. Souza *et al.* (2010) afirmam que a confecção de curvas de carga dependem das características da unidade consumidora, tais como: classe de consumo, dia da semana, estação do ano, região ou bairro, entre outros.

Neste trabalho as curvas de carga foram divididas dentre as seguintes faixas, de acordo com Menezes (2014): Até 80 kWh, 81-220 kWh, 221-500 kWh, 501-1.000 kWh, acima de 1.000 kWh

Já que como bases para as curvas foram escolhidos os dados disponíveis no trabalho de Menezes (2014), onde as medições realizadas pela empresa AES Sul no estado do Rio Grande do Sul, foram apresentadas de hora em hora, com a média das medições em dias úteis, dias de sábado e dias de domingo para cada uma das cinco faixas de consumo. Na Tabela 1 os consumos para a faixa de até 80kWh são um exemplo dos dados obtidos de Menezes (2014).

Tabela 1 - Consumo horário para a faixa de até 80kWh.

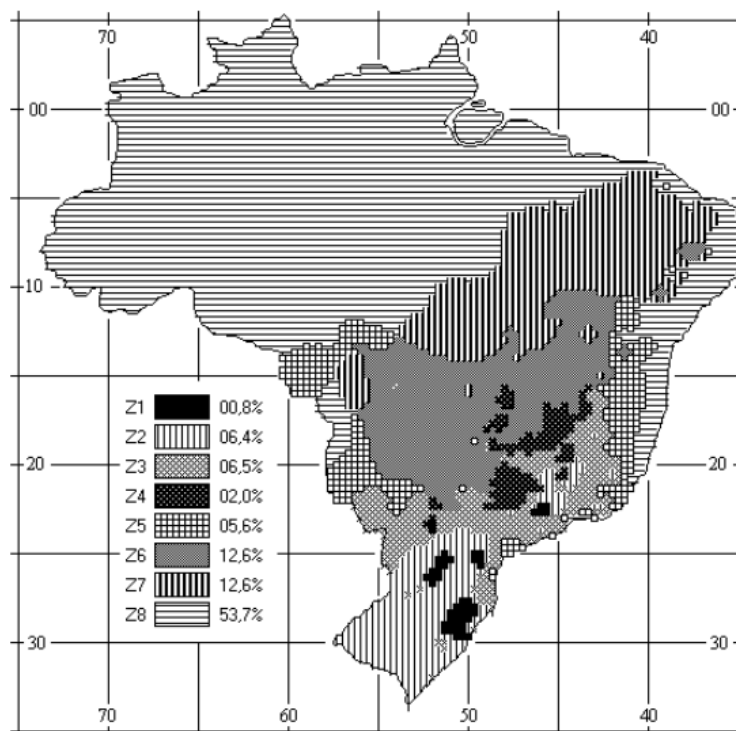
Até 80 kWh			
Tempo [h]	DU (kW)	DS (kW)	DD (kW)
00:00 - 01:00	0,0874	0,1092	0,1119
01:00 - 02:00	0,0861	0,0829	0,1019
02:00 - 03:00	0,0776	0,0873	0,1143
03:00 - 04:00	0,0725	0,0856	0,0820
04:00 - 05:00	0,0709	0,0866	0,0749
05:00 - 06:00	0,0726	0,0873	0,0754
06:00 - 07:00	0,1229	0,0967	0,0883
07:00 - 08:00	0,0940	0,1108	0,0771
08:00 - 09:00	0,0829	0,0952	0,0744
09:00 - 10:00	0,0715	0,0898	0,0874
10:00 - 11:00	0,0711	0,0803	0,0948
11:00 - 12:00	0,0705	0,0585	0,0883
12:00 - 13:00	0,0842	0,0734	0,0808
13:00 - 14:00	0,0860	0,0688	0,0696
14:00 - 15:00	0,0818	0,1193	0,0872
15:00 - 16:00	0,0796	0,1380	0,0803
16:00 - 17:00	0,1002	0,0952	0,0870
17:00 - 18:00	0,1122	0,1019	0,1073
18:00 - 19:00	0,1849	0,1443	0,1846
19:00 - 20:00	0,1785	0,1325	0,1897
20:00 - 21:00	0,1661	0,1236	0,1418
21:00 - 22:00	0,1433	0,1159	0,1511
22:00 - 23:00	0,1286	0,1179	0,1279
23:00 - 00:00	0,1085	0,1025	0,1123

Fonte: Menezes (2014)

2.2.2. Definição dos locais

Abrahão (2015) destacou a variação dos valores de consumo de energia elétrica por equipamento e por região, separados por sazonalidade: inverno e verão. Ela analisou a influência da sazonalidade regional sobre o consumo de energia elétrica do setor residencial, que subsidiou este estudo na busca de três localidades com diferentes características climáticas para aplicação das curvas de carga. Foram definidas então localidades no estado do Rio Grande do Sul, no estado de São Paulo e no estado do Pará, respectivamente Zonas Bioclimáticas 1, 3 e 8 (ABNT, 2003). A Zona Bioclimática 1 (ZB1) tem condição climática essencial de frio, e ainda inclui parte dos estados de Santa Catarina, Paraná, São Paulo e Minas Gerais. Já a Zona Bioclimática 3 (ZB3) possui duas estações definidas (inverno/verão), e inclui partes dos estados de Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. Por sua vez a Zona Bioclimática 8 (ZB8) tem condição climática predominante quente, e inclui partes do Rio de Janeiro, Espírito Santo, Bahia e partes do Norte e Nordeste brasileiro, sendo a maior ZB do território nacional, como visto na Figura 4.

Figura 4 - Zoneamento bioclimático brasileiro.



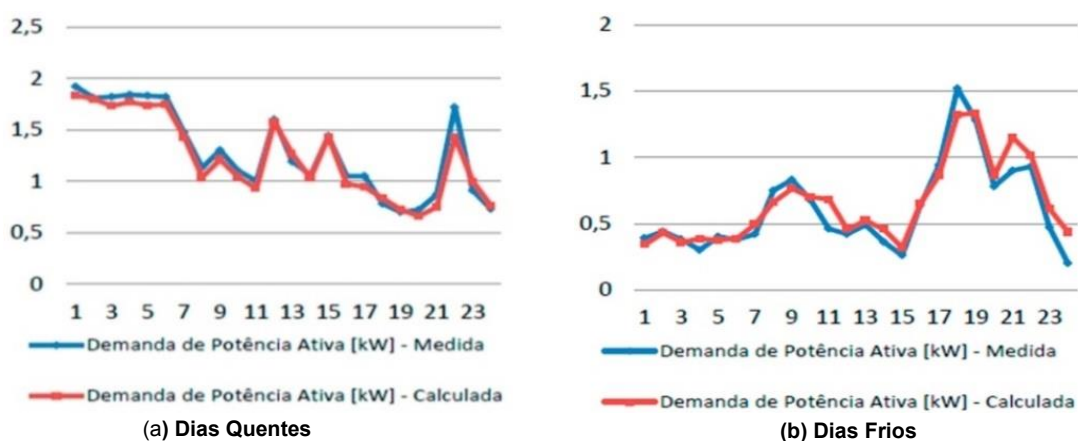
Fonte: ABNT (2003)

As medições obtidas na etapa anterior então foram definidas como típicas para a primeira localidade, já que foram realizadas somente nas condições climáticas da ZB1. Portanto, foi necessário, adequar os valores da curva de carga base para outras condições climáticas das ZB3 e ZB8, de acordo com a sazonalidade.

2.2.3. Sazonalidade

Para a adequação dos valores das curvas típicas de acordo com a sazonalidade foram levantados outros estudos para determinar a variação do consumo quanto às condições climáticas. Marques (2014) determina em seu trabalho uma metodologia para modelagem de curvas típicas de demanda elétrica utilizando redes neurais artificiais considerando as variações climáticas. E a partir dos dados deste estudo foram levantados os percentuais de variação do consumo para cada horário do dia, como os exemplos apresentados na Figura 5 e na Tabela 2, que foi elaborada neste molde para todas as demais faixas de consumo. Assim, as diferenças percentuais entre consumos em dias frios e quentes foram identificadas.

Figura 5 - Variações de consumo em dias quentes (a) e dias frios (b).



Fonte: Marques (2014)

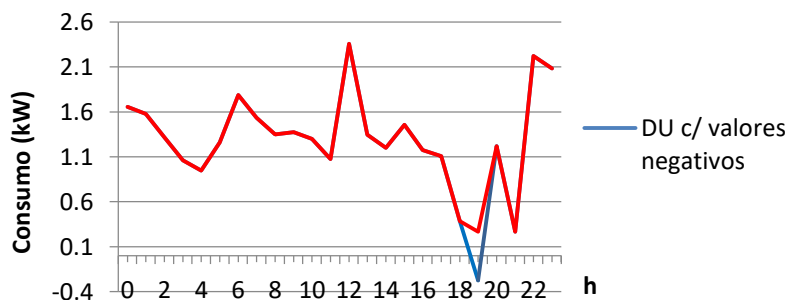
Tabela 2 - Variações de consumo para faixa 501 a 1.000 kWh.

501-1.000 kWh				
Tempo [h]	Dia quente	Dia frio	Diferença	%
00:00 - 01:00	0,75	0,4	0,35	46,7
01:00 - 02:00	1,85	0,35	1,5	81,1
02:00 - 03:00	1,8	0,4	1,4	77,8
03:00 - 04:00	1,7	0,35	1,35	79,4
04:00 - 05:00	1,75	0,4	1,35	77,1
05:00 - 06:00	1,7	0,4	1,3	76,5
06:00 - 07:00	1,75	0,4	1,35	77,1
07:00 - 08:00	1,4	0,5	0,9	64,3
08:00 - 09:00	1,1	0,65	0,45	40,9
09:00 - 10:00	1,25	0,75	0,5	40,0
10:00 - 11:00	1,1	0,7	0,4	36,4
11:00 - 12:00	0,9	0,7	0,2	22,2
12:00 - 13:00	1,6	0,4	1,2	75,0
13:00 - 14:00	1,25	0,5	0,75	60,0
14:00 - 15:00	1,1	0,4	0,7	63,6
15:00 - 16:00	1,9	0,35	1,55	81,6
16:00 - 17:00	0,9	0,65	0,25	27,8
17:00 - 18:00	0,9	0,8	0,1	11,1
18:00 - 19:00	0,8	1,4	-0,6	-75,0
19:00 - 20:00	0,65	1,4	-0,75	-115,4
20:00 - 21:00	0,6	0,8	-0,2	-33,3
21:00 - 22:00	0,65	1,2	-0,55	-84,6
22:00 - 23:00	1,4	1	0,4	28,6
23:00 - 00:00	1	0,6	0,4	40,0

Fonte: Elaborada pelo autor

As diferenças percentuais sazonais obtidas por meio de Marques (2014) foram aplicadas nas curvas base de Menezes (2014), selecionadas na etapa anterior, que representam valores para o consumo em um clima predominante frio (ZB1). Obteve-se assim os consumos horários típicos nas condições de um clima predominante quente (ZB8). No entanto, houve ocorrência de consumos negativos, que foram tratados como consumos de equipamentos não gerenciáveis. Assim, os valores negativos foram substituídos pelo menor consumo horário encontrado naquele dia, como no exemplo da Figura 6 e Tabela 3.

Figura 6 - Identificação de consumos negativos na faixa de consumo 500-1.000 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

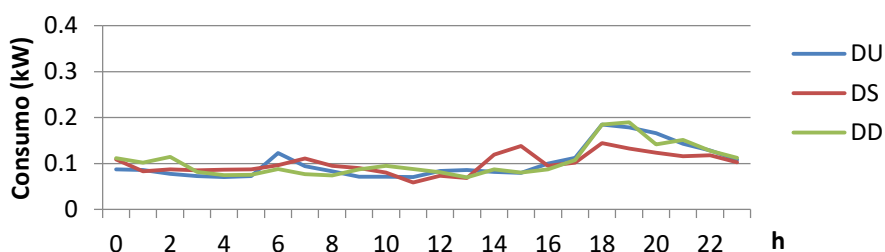
Tabela 3 - Tratamento dos consumos negativos.

Horas	500-1000kWh	
	DU c/ valores negativos (kW)	DU c/ valores tratados (kW)
18:00 - 19:00	0,38328	0,38328
19:00 - 20:00	-0,2738	0,26534
20:00 - 21:00	1,2174	1,2174
21:00 - 22:00	0,26534	0,26534
22:00 - 23:00	2,2221	2,2221
23:00 - 00:00	2,08138	2,08138

Fonte: Elaborado pelo autor.

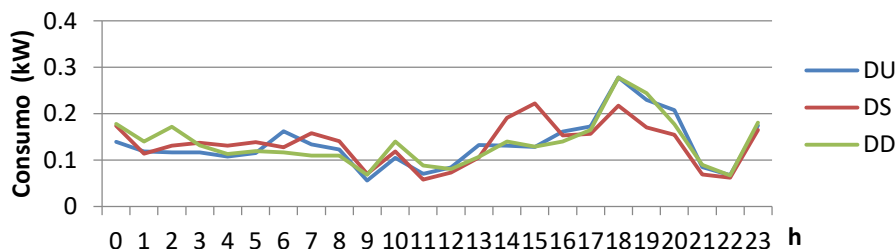
Os consumos horários sazonais foram comparados com as variações de consumo regionais de inverno e verão de 50% definidos por Abrahão (2015), para conferência dos resultados. O método foi confirmado ao alcançar variação para dias quentes e frios de 48%. Tendo as distribuições definidas para inverno (ZB1) e para verão (ZB8), os pesos relativos à envoltória do RTQ-R² (INMETRO, 2012) de 65% para verão e 35% para inverno foram aplicados à ZB3 para obtenção das curvas típicas para cada uma das faixas de consumo (Gráficos 7, 8 e 9).

Figura 7 - Curva típica da faixa até 80 kWh para ZB1.



Fonte: Elaborado pelo autor.

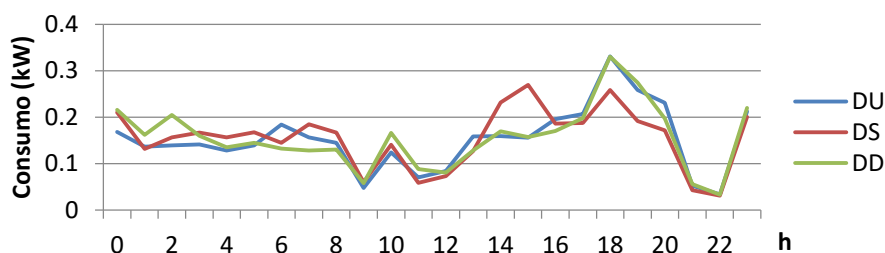
Figura 8 - Curva típica da faixa até 80 kWh para ZB3.



Fonte: Elaborado pelo autor.

² O Regulamento de etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais do Inmetro estabelece pesos distintos para condições de verão e inverno para cada Zona Bioclimática Brasileira.

Figura 9 - Curva típica da faixa até 80 kWh para ZB8.



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.2.4. Tarifas

As tarifas aplicadas a cada grupo e subgrupo tarifário são homologadas pela Aneel e apresentadas em resoluções homologatórias. Os valores utilizados neste trabalho foram obtidos na Resolução Homologatória nº 2.214 da Aneel (2017), para as tarifas das modalidades Convencional e Branca para o subgrupo residencial, e assim foram agrupados no Quadro 2 para as respectivas concessionárias de energia.

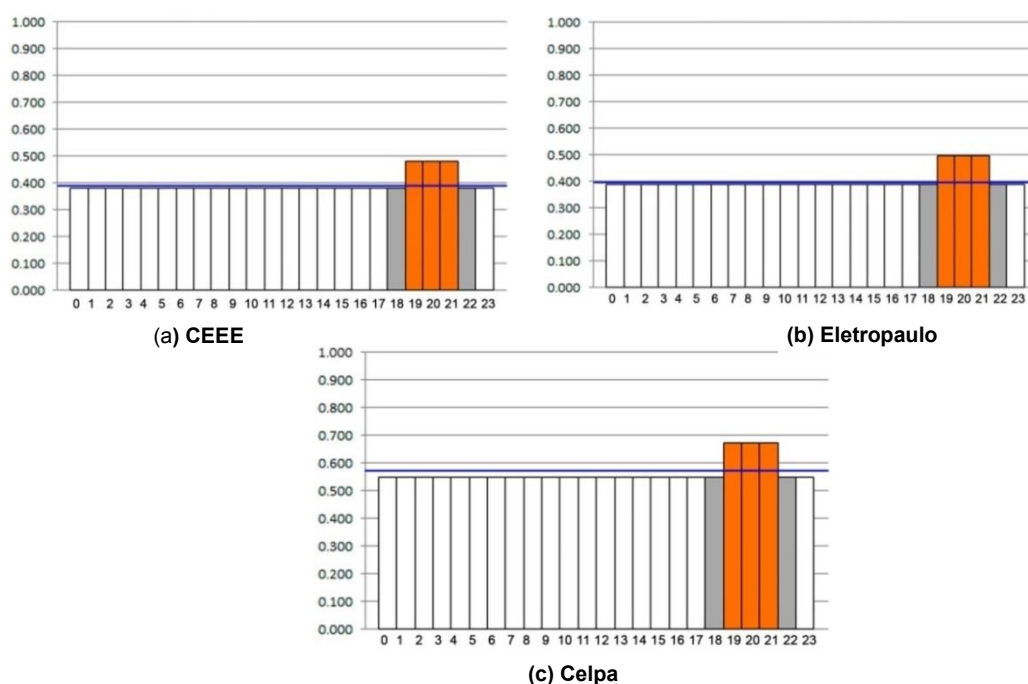
Quadro 2 - Tarifas residenciais vigentes.

Modalidade	CEEE – RS			ELETROPAULO- SP			CELPA - Be		
	TE (R\$/MWh)	TUSD (R\$/MWh)	Final (R\$/kWh)	TE (R\$/MWh)	TUSD (R\$/MWh)	Final (R\$/kWh)	TE (R\$/MWh)	TUSD (R\$/MWh)	Final (R\$/kWh)
Convencional	208,75	182,41	0,391	218,65	180,41	0,399	231,69	328,82	0,561
Ponta	298,95	182,41	0,481	318,19	180,41	0,499	343,2	328,82	0,672
Intermediária	200,55	182,41	0,383	209,6	180,41	0,390	221,55	328,82	0,550
Fora de Ponta	200,55	182,41	0,383	209,6	180,41	0,390	221,55	328,82	0,550

Fonte: Adaptado Aneel (2017).

O valor da tarifa final é determinado pelo valor da tarifa de energia (TE) somado ao valor da tarifa de uso do sistema (TUSD). A relação TE/TUSD determinada na REH é apenas uma para o subgrupo B1 residencial, não diferenciando valores para cada um dos regimes ou postos. Diante disto o TUSD adotado foi igual em todos os postos. É importante destacar que as regras e as relações estabelecidas na Nota Técnica n.º 311/2011, anteriormente mostrada (Figura 3) não foram seguidas. Diferente do caso modelo da Aneel, os valores dos postos Intermediário e Fora de Ponta, nas três concessionárias estudadas são iguais, além da pequena diferença de valores encontrada entre a Convencional e Fora de Ponta como se observa na Figura 10.

Figura 10 - Tarifas Convencional e Branca distribuídas em regime horário, para CEEE (a), Eletropaulo (b) e Celpa (c).



Fonte: Elaborado pelo autor.

2.3 CONSUMOS

Os consumos foram somados por dia, em cada faixa e localidade, separados por dias úteis (DU), sábados (DS) e domingos (DD) para as respectivas modalidades tarifárias e faixas de consumo, como exemplificado na Tabela 4. E por fim, as tarifas foram aplicadas para obter o custo mensal da energia em cada caso.

Tabela 4 - Consumos diários para faixa até 80kWh.

CONSUMO DIÁRIO - até 80 kWh									
	ZB1 - Parte do RS			ZB3 - Parte de SP			ZB8 - Pará		
	DU (kW)	DS (kW)	DD (kW)	DU (kW)	DS (kW)	DD (kW)	DU (kW)	DS (kW)	DD (kW)
Conv.	2,434	2,404	2,490	3,219	3,244	3,290	3,661	3,717	3,740
Ponta	0,488	-	-	0,523	-	-	0,542	-	-
Interm.	0,314	-	-	0,346	-	-	0,364	-	-
Fora de Ponta	1,633	2,404	2,490	2,350	3,244	3,290	2,754	3,717	3,740

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4 RESULTADOS

A Tabela 5 apresenta os consumos mensais típicos obtidos para todas as faixas das três localidades estabelecidas.

Tabela 5 - Consumo mensal típico.

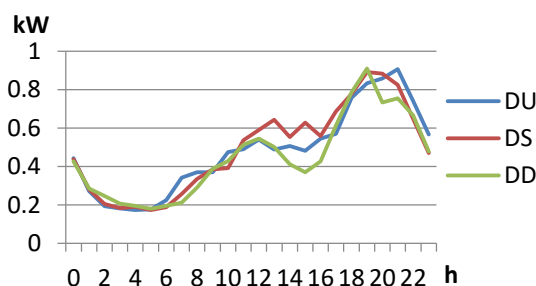
Faixas	Consumo Total/Mês (kWh)				
	Até 80	81 a 200	221 a 500	501 a 1000	Acima de 1000
ZB1	73,12	177,52	343,14	761,85	1458,62
ZB3	77,57	172,09	323,13	860,35	2025,66
ZB8	79,46	169,03	311,88	915,76	2344,63

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.1. ZB1

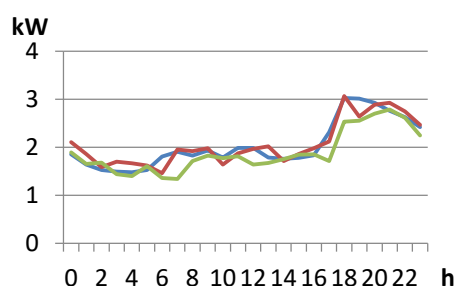
As unidades que compõe este cenário apresentam uma distribuição uniforme de carga nos postos fora de ponta e intermediário. Entretanto, o pico de consumo encontra-se concentrado integralmente nos postos tarifários de maior valor como exemplificado nas Figuras 11 e 12. A formação de um pico de consumo e o alto custo nos dias úteis, associado a pouca economia nos dias de fim de semana, torna inviável a opção pela modalidade horária branca do ponto de vista econômico para o consumidor residencial.

Figura 11 - Curva da faixa 221-500 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - Curva da faixa acima de 1.000 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

A opção pela modalidade branca acarretaria em um acréscimo mensal no valor da fatura de todas as faixas, como mostrado na Tabela 6. Porém, é importante ressaltar que a diferença de custo é baixa, como a faixa “até 80 kWh” onde a diferença é de R\$ 0,47. Com isso, a modalidade branca não apresenta o grande potencial econômico esperado caso houvesse redistribuição do consumo em outros horários de menor valor tarifário, ou a redução do pico, por meio de mudanças nos hábitos de uso de energia.

Tabela 6 - Resultados para concessionária CEEE (ZB1).

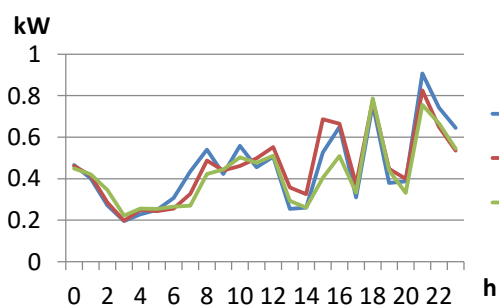
CEEE - RS (ZB1)			
Faixas	Modalidade	Custo mensal (R\$)	Opção
até 80kWh	Convencional	28,59	Convencional
	Branca	29,06	
81-220kWh	Convencional	69,41	Convencional
	Branca	70,51	
221-500kWh	Convencional	134,17	Convencional
	Branca	137,04	
500-1.000kWh	Convencional	297,88	Convencional
	Branca	303,30	
Acima de 1.000kWh	Convencional	570,32	Convencional
	Branca	577,44	

Fonte: Elaborado pelo autor.

2.4.2. ZB3

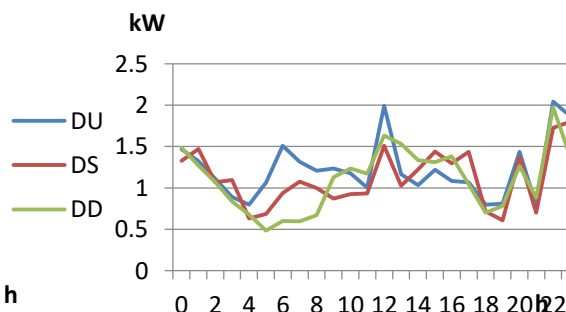
Dentro desta localidade os consumos típicos se caracterizaram por apresentarem uma distribuição de carga irregular, com alguns horários de pico de consumo fora dos horários do posto de ponta como visto nas Figuras 13 e 14.

Figura 13 - Curva da faixa 221-500 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 14 - Curva da faixa 500 - 1.000 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Entretanto, o pico de consumo apresentado no posto de maior valor tarifário também é o momento de maior consumo das unidades, elevando o gasto nos dias úteis, e com isso tornam a modalidade convencional economicamente mais viável em quatro das cinco faixas, exceto na faixa “500-1.000”, como mostra a Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados para concessionária ELETROPAULO (ZB3).

ELETROPAULO – SP (ZB3)			
Faixas	Modalidade	Custo mensal (R\$)	Opção
até 80kWh	Convencional	38,69	Convencional
	Branca	39,06	
81-220kWh	Convencional	68,66	Convencional
	Branca	69,39	
221-500kWh	Convencional	128,93	Convencional
	Branca	130,02	
500-1.000kWh	Convencional	343,28	Branca
	Branca	342,80	
Acima de 1.000kWh	Convencional	808,24	Convencional
	Branca	819,84	

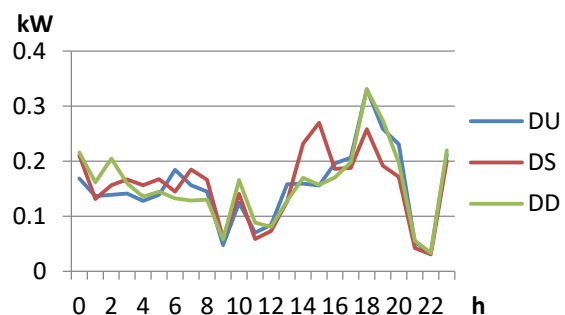
Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário, as diferenças de custos também foram baixas, destacando as faixas “até 80 kWh” e “81-220 kWh” onde a diferença foi de centavos, o que requer pequenas mudanças nos hábitos de consumo para redistribuição da curva. A redução do pico poderia tornar a modalidade branca economicamente mais viável para o consumidor, ou gerar uma economia ainda maior na fatura mensal no caso da faixa “500-1.000 kWh” onde a opção da tarifa branca já se mostrou mais vantajosa, mesmo que com uma pequena diferença.

2.4.3. ZB8

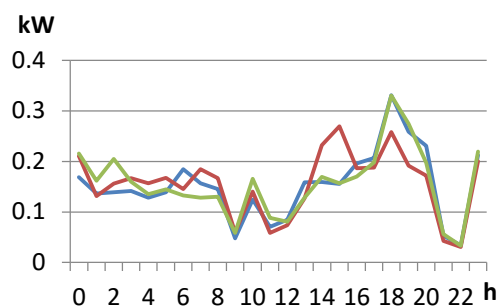
Nas condições para esta localidade, os consumos típicos apresentam curvas de carga com distribuição próxima à do cenário anterior, porém se difere pelos valores de consumo, devido à aplicação dos pesos do RTQ-R na ZB3. A curva também apresenta alguns horários de pico de consumo fora dos horários de ponta. Com os maiores valores de consumo nos horários de maior valor tarifário, e ainda devido ao aumento de consumo também nos horários com menor valor tarifário, foram identificadas economias nos custos tanto nos dias de fim de semana quanto nos dias úteis, tornando assim a tarifa branca economicamente mais viável em três das cinco faixas, exceto nas duas faixas de extremo como exemplos das Figuras 15 e 16.

Figura 11 - Curva da faixa 81- 220 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 12 - Curva da faixa até 80 kWh.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Neste cenário, as diferenças de custos foram as mais altas em comparação com os outros cenários, mas também não apresentaram grandes diferenças, como mostra a Tabela 8. É importante destacar a faixa “até 80 kWh” onde a diferença do custo, assim como na ZB1 foi de centavos. Caso haja a disposição do usuário para mudanças de hábito de consumo, há novamente potencial para obter uma pequena economia com a modalidade branca. No entanto, não se sabe se o consumidor considera esta mudança de hábito positiva.

Tabela 8 - Resultados para concessionária CELPA (ZB8).

CELPA - Pará(ZB8)			
Faixas	Modalidade	Custo mensal (R\$)	Opção
até 80kWh	Convencional	61,91	Convencional
	Branca	62,19	
81-220kWh	Convencional	145,58	Branca
	Branca	144,27	
221-500kWh	Convencional	174,96	Branca
	Branca	174,73	
500-1.000kWh	Convencional	513,74	Branca
	Branca	508,68	
Acima de 1.000kWh	Convencional	1315,33	Convencional
	Branca	1329,49	

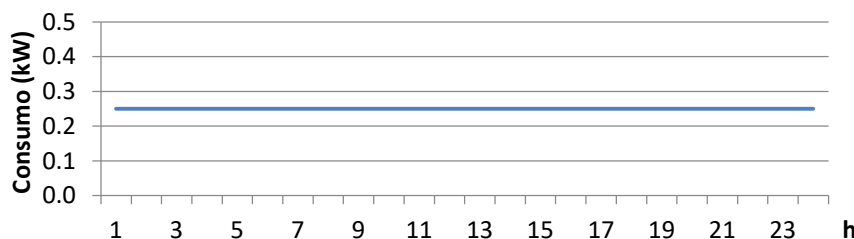
Fonte: Elaborado pelo autor.

Pode se afirmar que a pequena diferença entre os custos de energia entre a Tarifa Branca e Convencional se deve à adoção de uso típico da energia, no qual o gerenciamento de cargas não é realizado. No entanto em todas as localidades, vê-se a pequena diferença entre os valores da Tarifa Convencional e o posto fora de ponta da Tarifa Branca. Isso pode inviabilizar o incentivo a mudança dos hábitos do consumidor que, ao realizar a mudança, não teria uma economia significativa que fizesse valer tal esforço.

Este modelo tarifário, do modo que está sendo proposto pelas concessionárias

na Resolução Homologatória nº 2.214 da Aneel (2017), não geraria benefícios ao usuário mesmo que este estabilizasse seu consumo sem picos. Para exemplificar a mudança dos hábitos de consumo, foi calculado o custo da energia para um modelo teórico com distribuição uniforme de carga como visto na Figura 17.

Figura 13 - Caso Teórico cuja curva de carga é constante ao longo do dia útil e final de semana.



Fonte: Elaborado pelo autor.

E os resultados do caso teórico para os dois modelos tarifários são apresentados na Tabela 9. Esperava-se que a uniformização do consumo fosse beneficiar a Tarifa Branca, mas ela ainda foi mais alta em todas as três localidades.

Tabela 8 - Resultados para o caso teórico.

CEEE - RS (ZB1)		
Modalidade	Custo mensal (R\$)	Opção
Convencional	70.38	
Branca	70.56	Convencional
ELETROPAULO- SP (ZB3)		
Modalidade	Custo mensal (R\$)	Opção
Convencional	71.82	
Branca	71.99	Convencional
CELPA - Pará (ZB8)		
Modalidade	Custo mensal (R\$)	Opção
Convencional	100.98	
Branca	101.07	Convencional

Fonte: Elaborado pelo autor.

Portanto, embora a política tarifária se baseia no conceito de um incentivo financeiro para a implantação e consolidação de uma ação de melhoria pública, sua prática promete nestes moldes é falha. A adesão da sociedade tente a ser baixa pela ausência de incentivo e, como é necessário reduzir os picos de carga, uma possível obrigatoriedade, será imposta com base no conceito de punição por meio de altos custos da energia no posto de ponta, ao invés de incentivo e economia nos outros horários.

2.5 CONCLUSÕES

Este capítulo apresentou uma análise da viabilidade econômica da opção do consumidor em migrar voluntariamente da Tarifa Convencional para Tarifa Branca. Considerando que a aplicação tarifária deste estudo foi realizada para comportamentos de carga típicos da modalidade tarifária convencional e que não houve alterações nos hábitos de consumo para se adaptar à nova tarifa, eram esperados resultados favoráveis à aplicação da modalidade convencional. De acordo com os resultados apresentados, a modalidade horária branca não vem cumprindo sua proposta de incentivar alteração dos hábitos de consumo, visto que na maioria dos casos estudados a modalidade convencional foi mais vantajosa, e mesmo caso haja a alteração do hábito de consumo a economia gerada seria muito pequena podendo levar o usuário a desistir da mudança.

No entanto os resultados encontrados também mostraram que a concentração do consumo no período de ponta é um fator que independe da localidade, pois o consumo típico, em geral, apresenta o pico no horário de maior demanda do sistema, que é o posto de ponta. Dessa forma, é importante oferecer incentivos que reduzam a formação de picos nestes períodos. A modalidade horária branca surge como um destes incentivos para que seja feito o gerenciamento pelo lado da demanda, onde o sistema e o consumidor podem se beneficiar, desde que sua implantação seja feita da forma correta, e que seja gerada para o consumidor uma economia no custo da sua fatura que faça valer a pena as mudanças necessárias em seu hábito de consumo. Assim os consumidores poderão se sentir incentivados para aderir ao novo modelo tarifário.

Foram observados que as pequenas diferenças entre os preços da Tarifa Convencional e do posto fora de ponta foram responsáveis por gerar as pequenas diferenças de custos entre os resultados. Esperava-se que, caso o consumidor se dispusesse a mudar seus hábitos de consumo, ele poderia obter uma economia na sua fatura, e nos casos onde a Tarifa Branca fosse mais benéfica, a economia na fatura poderia aumentar. Porém, devido a pequena diferença de preços, esse benefício gerado pode ser muito pouco a ponto de não valer o esforço do usuário em mudar seus hábitos.

2.6 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR 15220-3: **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social**. Rio de Janeiro, 2003.

ACHÃO, C.; SCHAEFFER, R. Decomposition analysis of the variations in residential electricity consumption in Brazil for the 1980–2007 period: Measuring the activity, intensity and structure effects. **Energy Policy**, v. 37, p. 5208–5220, 2009.

ABRAHÃO, K. C. F. **Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da análise da estrutura do consumo residencial de energia elétrica por região geográfica**. 2015. 244f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

AFFONSO, C. M.; DA SILVA, R. V. Demand side management of a residential system using simulated annealing. **IEEE Latin America Transactions**, v. 13, p. 1355–1360, 2015.

ANDRADE, F. V.; PINHEIRO, R. B. Análise de decomposição da projeção de consumo de energia elétrica no Brasil para o setor residencial. **ENGEVISTA**, Belo Horizonte, v. 16, n. 4, p. 340-355, 2014.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2010). **Nota Técnica no 362/2010**. SRE-SRD/ANEEL - Estrutura tarifária para o serviço de distribuição de energia elétrica, sinal econômico para baixa tensão. 2010. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/audiencia/arquivo/2010/120/documento/nota_tecnica_n%C2%BA_362_2010_sre-srd-aneel.pdf>. Acesso em 14 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2015). **Tarifa Branca**. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/tarifa-branca>>. Acesso em 02/06/2017

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2016). **Resolução Normativa nº. 733 de 2016**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016733.pdf>>. Acesso em 14 de julho de 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2017). **Resolução Homologatória nº. 2.214 de 2017**. Brasília. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20172214ti.pdf>>. Acesso em 14 de julho de 2017.

FUMO, N.; MAGO, P.; LUCK, R. Methodology to estimate building energy consumption using EnergyPlus Benchmark Models. **Energy and Buildings**, Mississippi, v. 42, p. 2331-2337, 2010.

INMETRO - INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ para o nível de eficiência energética de edificações residenciais (RTQ-R)**. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: <

<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>>. Acessado em 02 de julho de 2017.

JOSKOW, P. L. Creating a smarter U.S. electricity grid. **Journal of Economic Perspectives**. New York, v. 26, p. 29-48, 2012.

LIMBERGER, M. A. C.; SOUZA, R. C.; CALILI, R. F. Estudo Da Tarifa Branca Para Classe Residencial Pela Medição De Consumo De Energia E De Pesquisas De Posse E Hábitos. XLVI Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional. **Anais...**Salvado, 2014. p. 1075-1086.

MARQUES, M. S. **Metodologia para modelagem de curvas típicas de demanda elétrica utilizando redes neurais artificiais considerando variáveis climáticas**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pampa, Programa de Pós- Graduação em Engenharia Elétrica, Alegrete, 2014.

MENEZES, H. L. **Avaliação da aplicação da modalidade tarifária horária branca: Estudo de caso para consumidores residenciais**. 2014. 86f. Trabalho de conclusão de curso (Monografia) Engenharia de Energia. Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

ONTARIO ENERGY BOARD. **Ontario Wholesale Electricity Market Price Forecast**. 2016. Disponível em: <[https://www.oeb.ca/oeb/ Documents/EB-20040205/Wholesale Price Forecast Report May2016.pdf](https://www.oeb.ca/oeb/Documents/EB-20040205/Wholesale%20Price%20Forecast%20Report%20May2016.pdf)>. Acesso em 02 de julho de 2017.

SIEBERT, L. C.; AOKI, A. R.; YAMAKAWA, E. K.; TOLEDO, F. O. Gerenciamento pelo Lado da Demanda em Redes Inteligentes Utilizando Algoritmos Genéticos. IV SBSE – Simpósio Brasileiro de Sistemas Elétricos. **Anais...** Goiânia, Goiás 2012.

SILVA, A. S.; LUIZ, F.; MANSUR, A. C.; GHISI, E. Usos Finais de Eletricidade e Rotinas de Uso como Base para Estratégias de Eficiência Energética por Meio de Auditoria Residencial. XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Florianópolis, p. 85-93, 2013.

SOUZA, A. N.; JUNIOR, P. C.; OLIVEIRA, R; ZAGO, M. G.; PAPA, J. P.; GASTALDELLO, D. S. Algoritmos para estimar curvas de cargas a partir de padrões de hábitos de consumo. Dincon'10 Brazilian Conference on Dynamics Control and their Applications. **Anais...** Serra Negra, São Paulo, 2010.

TAN, Z.; YANG, P.; NEHORAI, A. An Optimal and Distributed Demand Response Strategy With Electric Vehicles in the Smart Grid. **IEEE Transactions on Smart Grid**, v. 5, p. 861-869, 2014.

XU, X. Y.; ANG, B. W. Analysing residential energy consumption using index decomposition analysis. **Applied Energy**, Singapore, v. 113, p. 342-351, 2014.

CAPÍTULO 3: SIMULAÇÃO ENERGÉTICA DE UNIDADES HABITACIONAIS BASEADA EM USUÁRIOS COM MODOS DE VIDA CONTEMPORÂNEO E TRADICIONAL

RESUMO

No setor residencial, o consumo de energia elétrica é impactado por diversos fatores, como: renda familiar, disponibilidade de equipamentos, características arquitetônicas, hábitos de consumo, clima e condições meteorológicas, políticas tarifárias, além da variação no número de usuários. Diante disto, e da demanda considerável de energia associada ao setor residencial, este estudo busca modelar o consumo energético de unidades habitacionais, por meio da simulação computacional elaborada no programa EnergyPlus, considerando perfis familiares de consumo e usuários com comportamentos denominados modo de vida tradicional e contemporâneo, definidos a partir de revisão bibliográfica. Categorias de usos finais por região foram usadas para calibração das entradas da simulação. O consumo de 8 modelos de habitações em Bento Gonçalves, São Paulo e Belém foram obtidos por categoria, em regime anual e mensal para os dois modos de vida. Também foram determinadas novas curvas de carga típicas para cada modo de vida por cidade e modelo de habitação. Com os resultados foi possível verificar que as diferenças de consumo entre os modos aqui denominados Tradicional e Contemporâneo concentram-se mais nos usos finais de Lazer, Iluminação e Serviços Gerais. Enquanto as diferenças entre localidades concentram-se em Conforto ambiental, Aquecimento de água e Conservação de alimentos, devido às condições climáticas.

Palavras Chaves: Simulação; Consumo energético; Unidades Habitacionais; Comportamento dos usuários; Calibração.

ABSTRACT

In the residential sector, the consumption of electric energy is impacted by several factors, such as: family income, availability of equipment, architectural characteristics, consumption habits, weather and weather conditions, tariff policies, and variation in the number of users. In light of this and the considerable energy demand associated with the residential sector, this study seeks to model the energy consumption of housing units, through the computational simulation elaborated in the EnergyPlus program, considering family profiles and users with behaviors denominated traditional and contemporary, defined from literature review. End-use categories by region were used for calibration of simulation inputs. The consumption of 8 housing models in Bento Gonçalves, São Paulo and Belém were obtained by category, on an annual and monthly basis for the two lifestyles. New load curves typical of each lifestyle were also determined by city and housing model. With the results it was possible to verify that the differences of consumption between the styles denominated Traditional and Contemporary are concentrated more in the end uses of Leisure, Lighting and General Services. While differences between localities focus on environmental comfort, water heating and food preservation, due to climatic conditions.

Keywords: Simulation; Energy consumption; Housing Units; lifestyle; Calibration.

3.1 INTRODUÇÃO

Fumo e Biswas (2015) afirmam que a grande demanda de energia para satisfazer o usuário residencial é devido à grande variação de atividades que este realiza na habitação, a fim de atender suas necessidades, cotidianas, profissionais, individuais ou em grupo, além do conforto térmico. O consumo para conforto térmico tem crescido muito no setor devido ao aumento na inserção de aparelhos de condicionamento artificial nas residências. No Brasil, somente no ano de 2013 foram comercializados 4,3 milhões de condicionadores de ar para o setor residencial, um crescimento de 14,2% na comparação com 2012. O aumento da presença dos condicionadores de ar nas residências se dá a partir de uma combinação de fatores financeiros como o aumento do poder aquisitivo, e de qualidade de vida com a elevação do padrão de vida das classes C e D (ASSOCIAÇÃO..., 2014).

O setor residencial merece destaque e investigações pois, além da alta parcela (21,4%) no consumo de energia elétrica, quando comparado com os outros setores: comercial (14,4%), industrial (31,5%), público (7,0%) transporte (0,3%), possui um consumo e usos finais de difícil identificação (EMPRESA..., 2017). A grande diversidade de usuários conectados à rede de distribuição, com diferentes modos de vida, padrões de consumo e posse de equipamentos gera um universo muito grande e variável de possibilidades de modelagem do perfil de consumo.

Com seu grande impacto no sistema de distribuição de energia, o setor residencial tem potencial para ajudar a reduzir o custo e a demanda de eletricidade ao longo do dia. Até esta segunda década do século XXI, suas cargas cumprem apenas um papel passivo quanto à manutenção do sistema de energia, estabilidade e segurança. Com tecnologias recentes e mais ativas como ar condicionado e painéis fotovoltaicos para geração distribuída, ele tende a se tornar cada vez mais importante (JOHNSON et al., 2014).

Os métodos mais utilizados para obter e analisar os consumos de energia são os de medição, de cálculo estatístico e de simulação. Um desafio do método de medição é levantar um alto número de unidades consumidoras para que o número de amostras seja preciso e representativo do setor. Também é difícil medir o consumo dos inúmeros aparelhos e unidades separadamente, o que torna difícil a identificação de mudanças na demanda de energia (TANIGUCHI et

al., 2016, FUMO; BISWAS, 2015, JOHNSON et al., 2014).

A análise de regressão é um dos métodos estatísticos utilizados para desenvolvimento de modelos para a previsão do consumo de energia nos edifícios, porém Fumo e Biswas (2015) destacam que, embora este tipo de método seja uma boa opção, depende de dados medidos disponíveis. Entre os modelos estatísticos, a análise de regressão linear apresenta resultados promissores devido à precisão razoável e à aplicação relativamente simples quando comparada a outros métodos, além de menor exigência de processamento computacional comparada a outras abordagens estatísticas, com algoritmos genéticos ou redes neurais.

Taniguchi et al. (2016) afirmam que o método de simulação surge como uma resposta a esses problemas. Duas abordagens são utilizadas para simular o consumo de energia: descendente (top-down) e ascendente (bottom-up).

Este presente artigo adota esta última, ascendente, que vem sendo frequentemente utilizada para estimar o consumo de energia do setor residencial. Ela é definida como uma abordagem que calcula o consumo de energia de uma unidade individual ou grupos de unidades e extrapola os resultados obtidos para representar uma região. Swan e Ugursal (2009) afirmam que ela tem a capacidade de determinar o consumo de energia para cada uso final porque considera os vários fatores que afetam a demanda de energia residencial. Além disso, eles destacam dentro da simulação um modelo denominado de abordagem de engenharia que lida explicitamente com a mudança no comportamento dos ocupantes.

Dentro do setor, Silva et al. (2013) indicaram que o maior uso final de eletricidade registrado em habitações de interesse social na cidade de Florianópolis foi devido ao chuveiro elétrico, tanto para períodos de verão quanto de inverno, e com grande representatividade para refrigeradores e iluminação. Estes usos de energia pelos equipamentos de uma residência podem ser divididos em dois grandes segmentos, cargas gerenciáveis e cargas não gerenciáveis. Cargas não gerenciáveis são aquelas que independem da utilização do consumidor em um período específico de tempo, permanecendo ativas na rede elétrica constantemente. Já as cargas gerenciáveis são aquelas que não estão ativas na rede elétrica em tempo integral e são as principais responsáveis pela alta do consumo no horário de pico do sistema elétrico.

Com relação aos usos finais, é possível dizer que a energia elétrica residencial é utilizada principalmente para o condicionamento de alimentos, para o aquecimento de água e para a iluminação. Somente essas três categorias representam 76% de toda energia elétrica consumida, em 2010, no setor residencial (ANDRADE; PINHEIRO, 2014). Neste sentido, é interessante organizar os equipamentos em usos finais para facilitar a apresentação do consumo de energia elétrica. Portanto, Abrahão (2015) divide o consumo de energia elétrica no setor residencial em cinco categorias de usos finais: Aquecimento de água, Conservação de alimentos, Condicionamento de ambientes, Iluminação, Lazer e Serviços Gerais para quantificá-las para residências em cada região do Brasil. Para a região sudeste os percentuais são para Iluminação 6,2%; Lazer 8,5%; Serviços Gerais 5,7%; Conforto Ambiental 6,6%; Aquecimento de Água 37%; Conservação de Alimentos 35,9%.

Outro estudo que se destaca na elaboração da estrutura de consumo no setor residencial brasileiro por equipamento é a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Consumo de Energia realizada pelo Procel/Eletróbrás (2007). Nesta pesquisa, o levantamento detalhado da posse e hábitos de uso dos principais eletrodomésticos no ano de 2005 abrangeu todo o Brasil, com quase 10.000 questionários, contemplando 16 estados e o Distrito Federal, com a participação de 21 empresas do setor energético. Esta base de dados, assim como a Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios (PNAD), alimentaram outras pesquisas sobre usos finais e suas projeções, tais como Fedrigo, Ghisi e Lamberts (2009) e Morishita (2011).

3.2 MODOS DE VIDA

As pesquisas supracitadas mostram como é o consumo do setor residencial, os fatores que lhe impactam e o modificam. A pesquisa realizada pelo Procel/Eletróbrás (2007) levantou tanto questões mais abrangentes para o setor residencial como matriz energética, consumo típico, classes de consumo, quanto questões mais específicas como categorias de uso final e posse de equipamentos. Elas são parte importante para um melhor entendimento do consumo do setor por serem questões ligadas aos usuários e que, assim mostram como os hábitos afetam o consumo final de energia.

É importante destacar que a diferença entre estilo e modo de vida evidencia-se

dentro da literatura, visto que o modo de vida é entendido como mais vinculado a parâmetros culturais, práticas cotidianas, trabalho, vida familiar, consumo, lazer e etc. E o conceito de estilo de vida vincula-se à “demarcação de diferenças e hierarquias subliminares entre indivíduos de camadas sociais diferentes” (BRAGA; FIÚZA; REMOALDO, 2017, p.379).

Sendo assim, o conjunto dos hábitos, padrão de ocupação, de atividades e de consumo do usuário residencial pode ser nomeado como modo de vida. Uma abordagem importante para compreensão dos hábitos é dividir as quatro atividades básicas do habitar que são definidas como dormir, higienizar, alimentar e lazer. Com base nestas atividades tem sido possível identificar novos hábitos e costumes no espaço residencial, tais como: uso de equipamentos conectados a internet; o culto ao próprio corpo e as preocupações de caráter ambiental (DUCATTI; TIBÚRCIO; CARMO, 2011).

Anitelli (2015) destaca que, devido a essas mudanças, cômodos como os banheiros, tem se tornado ambiente com maior permanência e não mais cômodos de passagem. Outro exemplo que ilustra esta mudança pode ser visto no estudo de Holttinen (2014), que mostra como práticas relacionadas ao jantar de família revelam ideais culturais e um processo de identidade familiar, mas que a partir de restrições da vida contemporânea como a falta de tempo e relações interpessoais entre os membros da família, essa prática vem sendo modificada a ponto de afetar os espaços antes destinados a essa atividade.

Outra característica marcante nos modos de vida é a sobreposição de atividades, que já vem sendo discutida na arquitetura desde o modernismo, e se encontra muito presente na produção arquitetônica atual. Mendonça e Villa (2016) analisam o espaço de apartamentos e destacam que, com a tendência de se construir unidades habitacionais cada vez menores, elas tendem a oferecer ambientes que, antes monofuncionais, passaram por adequações para gerar sobreposição de atividades e atender às diversas necessidades dos usuários. Anitelli (2015) afirma que estas adaptações do espaço impactam o mobiliário, tornando fácil a identificação de outras atividades além daquelas ditas básicas para cada cômodo, como leitura e lazer no dormitório. Ele ainda destaca que a sala e o dormitório se tornam os ambientes com maior sobreposição. Ao voltar o olhar ao consumo energético, tais aspectos têm impactos que podem dificultar a previsão e a compreensão de como se dão os usos finais de energia em uma

residência.

Assim, estudos como os de Johnson et al. (2014) têm como ponto de partida modelos comportamentais dos ocupantes de unidades habitacionais para chegar ao consumo energético. Os autores simularam as atividades realizadas pelos usuários, para mostrar como um ocupante interage com os equipamentos, e como este consome energia ao longo do dia. E após terem definido as atividades, as transições de uma para outra foram simuladas, de forma aleatória uniformemente distribuída, e cada simulação produziu um padrão distinto de comportamento dos ocupantes, até chegar naquele de maior ocorrência para gerar um consumo semelhante ao real obtido por uma curva de carga medida.

Como visto, a simulação de consumos de unidades habitacionais individuais se mostra uma boa forma de compreender o consumo energético do setor residencial. Como esses hábitos são também alterados pelas condições climáticas do local, um estudo voltado ao uso de energia deve incluir uma análise dos hábitos ajustada aos aspectos do clima, o que também se reflete em uma simulação. Na simulação termo-energética diversos cenários são criados para definir e criar um recorte dos usuários e de seus modos de vida, já que não existem estudos que quantifiquem o modo de vida típico do usuário residencial. Sorgato (2015) criou três cenários denominados: Estilo de vida tradicional, que representa uma família na qual parte dos moradores permanece na unidade habitacional durante o período diurno (8h às 18), enquanto no período noturno (19h às 7h) todos os integrantes permanecem na unidade; Estilo de vida contemporâneo, que apresenta usuários que trabalham ou permanecem fora da unidade habitacional durante o período diurno (8h às 18h), retornando para a residência somente no período noturno; Estilo de vida Flexível, que representa um cenário onde o autor mescla os outros dois estilos e alterna a permanência dos usuários na unidade, e considera que a ocupação da unidade é de 50% até às 22h. Quanto aos finais de semana nos dois primeiros estilos a ocupação é de 100%, já no terceiro estilo a ocupação do final de semana, varia de acordo com o tamanho da família. Os dois primeiros estilos são adotados como base para os usos finais deste trabalho, porém com modificações a partir das referências adicionais.

Assim, o objetivo deste trabalho é modelar o consumo de energia elétrica de unidades habitacionais em três localidades São Paulo (ZB3), Bento Gonçalves

(ZB1) e Belém (ZB8), cujos moradores têm modos de vida denominados como tradicional e contemporâneo. As localidades foram escolhidas devido as diferentes características climáticas para que fosse possível analisar o impacto destas no consumo: São Paulo possui um clima com variação sazonal de inverno e verão, já Bento Gonçalves apresenta um clima predominantemente frio, enquanto em Belém predomina um clima com temperaturas elevadas.

3.3 MÉTODO

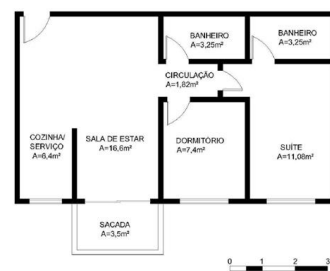
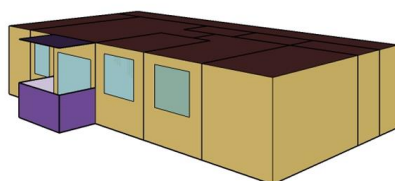
Foi realizada a simulação do consumo de oito modelos de unidades habitacionais definidos por Telles (2016), que se baseou nos trabalhos de Teixeira et al. (2015), Sorgato (2009) e Tavares (2006) que definiram modelos de geometria de diversas configurações de planta. Por sua vez, Telles (2016) definiu os materiais e aberturas destas unidades habitacionais representativas, exemplificadas com os Modelos 1 e 7 na Figura 18.

No presente trabalho, os modelos das unidades habitacionais foram relacionados a perfis familiares, equipamentos e cargas internas levantadas por meio de revisão bibliográfica. Padrões de uso e de ocupação foram aplicados, e os oito modelos simulados para os dois modos de vida em três localidades: São Paulo (ZB3), Bento Gonçalves (ZB1) e Belém (ZB8). Em seguida, os resultados foram calibrados para validação.

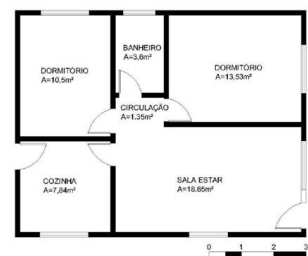
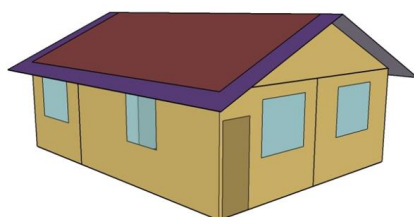
Assim, o método é dividido em quatro etapas: definição dos perfis familiares de consumo; criação dos padrões de uso de iluminação, equipamentos e ocupação; levantamento dos equipamentos e demais cargas internas; e simulação e calibração dos consumos energéticos.

Figura 14 - Modelo 3D e Planta dos modelos 1 e 7.

Modelo 1



Modelo 7

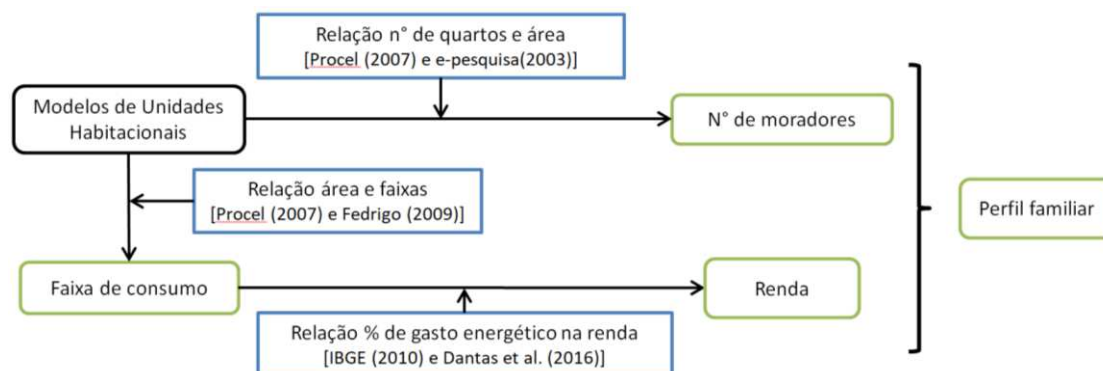


Fonte: Adaptado de Telles (2016).

3.3.1. Perfis familiares

O tamanho da família brasileira pode apresentar grandes variações, cuja média de moradores por domicílio é de 3,3, mas com variações relacionadas com a região do país e a renda familiar (INSTITUTO..., 2010). A fim de definir o Perfil familiar de consumo relacionado a cada uma das oito unidades habitacionais definidas por Telles (2016) e adotadas como base para este estudo, pesquisas foram usadas conforme Figura 1 para obter número de residentes, faixas de consumo e renda familiar. A Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso (PROGRAMA ..., 2007) mostra o percentual das áreas construídas dos domicílios de acordo com o consumo, bem como a média de moradores dos domicílios por faixa de consumo, a E-Pesquisa – Comportamentos & Espaços de Morar (NOMADS, 2003) também faz essas mesmas relações e levantamentos. Já os estudos de Fedrigo, Ghisi e Lamberts (2009) apresentam uma relação com das faixas de consumo com o tamanho da unidade, e no estudo de Dantas, Costa e Silva (2016) mostram qual a parcela da renda familiar se destina a gastos com energia. Na Figura 19 um diagrama que mostra em verde os dados obtidos e em azul as fontes relacionadas para obtenção destes. E no Quadro 3 são apresentados os perfis definidos para cada modelo.

Figura 15 - Definição dos perfis familiares.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Quadro 3 - Perfis definidos.

	M. 1	M. 2	M. 3	M. 4	M. 5	M. 6	M. 7	M.8
Tipo	Mult.	Mult.	Mult.	Mult.	Mult.	Uni.	Uni.	Uni.
Área (m²)	53.3	60.84	66.76	67.73	33.24	30.74	55.47	142.93
Dormitórios	2	2	3	3	1	2	2	3
Nº de hab.	3	3	4	4	2	3	3	4
Renda (nº s.m.)	3 a 5	3 a 5	5 a 7	5 a 7	1 a 3	3 a 5	3 a 5	7 a 10
Faixa (kWh/mês)	80-200	80-200	80-200	80-200	0-80	80-200	80-200	200-500

Fonte: Elaborado pelo autor.

Como mencionado, a definição se baseou na relação de dados obtidos em outras pesquisas, por exemplo, o número de habitantes foi definido pela relação do número de dormitórios e área da unidade com o número de moradores: assim uma unidade de 30 a 60 m² tem maior ocorrência com 2 moradores. Para as faixas de consumo, foi verificado que a maior parte dos usuários se encontra entre “80 a 200 kWh/mês” e que o número de unidades era baixo entre “500 a 1000 kWh/mês” e “acima de 1000 kWh/mês”, sendo assim nenhum modelo foi definido nestas faixas.

3.3.2. Padrões de uso e ocupação

Foram estabelecidos os padrões de ocupação da edificação, referentes aos

períodos em que os usuários se encontram na unidade habitacional e os períodos que estes permanecem em cada um dos ambientes, operando equipamentos, utilizando iluminação artificial e consumindo energia elétrica em geral, ao se basear nos modos de vida denominados por Sorgato (2015) como estilo de vida tradicional e contemporâneo. E neste trabalho foram nomeados como modo de vida tradicional e contemporâneo, conforme justificado por Braga et al. (2017).

O cenário proposto neste trabalho buscou explorar situações que podem ocorrer na operação de uma edificação residencial, relacionando os modos de vida do trabalho de Sorgato (2015), com discussões e definições de bibliografias recentes como Anitelli (2015), Mendonça e Villa (2016), Holttinen (2014), sobre comportamentos e hábitos de morar e como estes afetam os modos de vida.

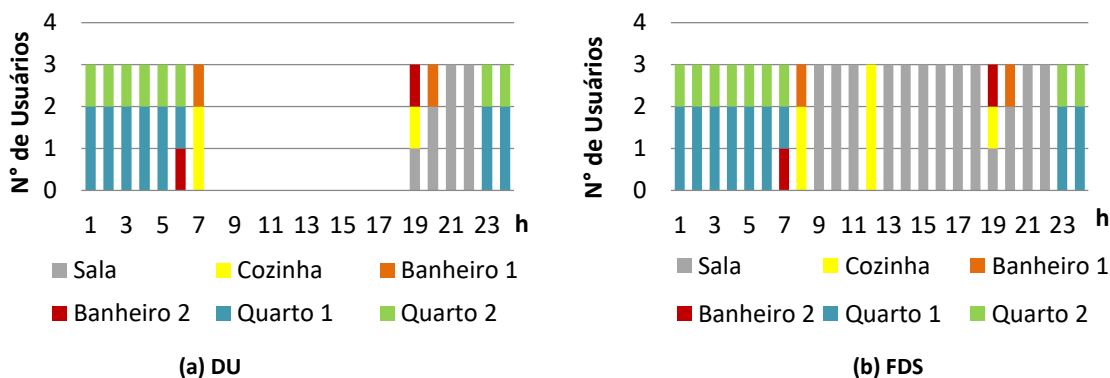
A partir dessa relação, foram feitas mudanças em ambos os modos de vida, do padrão base de Sorgato (2015), como exemplo, Sorgato não abordou ocupação para os banheiros devido ao tema voltado para conforto. Sendo assim, nos novos modos criados foram adicionados horários de ocupação neste cômodo, devido à discussão de Anitelli (2015). Ele identificou a maior permanência de usuários nestes ambientes devido a questões como aumento da vaidade e de cuidados estéticos, demonstrando assim a presença de equipamentos representativos no consumo energético.

Johnson et al. (2014) também destacam a importância da atividade e do tempo em que as pessoas gastam se arrumando nos banheiros, o que aumentou a carga de equipamentos, anteriormente quase que exclusiva ao chuveiro elétrico. Assim um grupo denominado “equipamentos de banheiro” foi criado para abranger equipamentos como secador, prancha modeladora, barbeador, entre outros. Outra modificação quanto aos horários relacionados à ocupação do banheiro e uso do chuveiro foi realizada após serem observadas curvas de carga típicas. Como exemplo, o chuveiro é o maior responsável pelos picos de consumo, e estes picos nos casos típicos se apresentam em dois turnos, manhã e noite, em mais de um intervalo de hora. Para adequar o modo modelado a uma curva de carga típica, os horários de uso do banheiro e do chuveiro foram distribuídos em dois horários na parte da manhã e dois na parte da noite.

Os horários de ocupação para a cozinha também foram modificados para abrigar 100% dos ocupantes apenas nos horários de almoço dos finais de semana, e

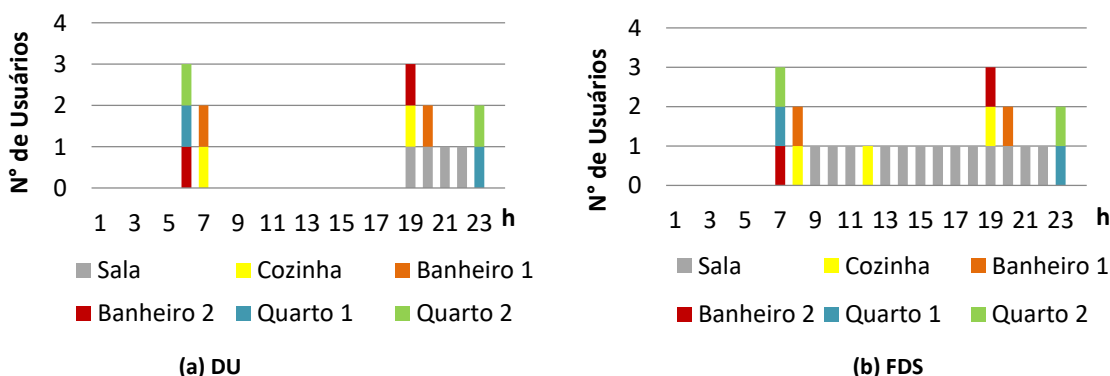
não em todas as refeições, visto que Holttinen (2014) mostrou que as refeições com toda família sentada à mesa já não são mais corriqueiras. Seguindo essas discussões e usando como base Sorgato (2015) os padrões de uso de equipamentos e de ocupação, foram criados os modos de vida contemporâneo e tradicional, como pode ser visto no exemplo das Figuras 20, 21, 22 e 23 que foram o cenário de uso de energia para o Modelo 1.

Figura 16 – Padrão de ocupação contemporâneo para (a) dias úteis e (b) finais de semana.



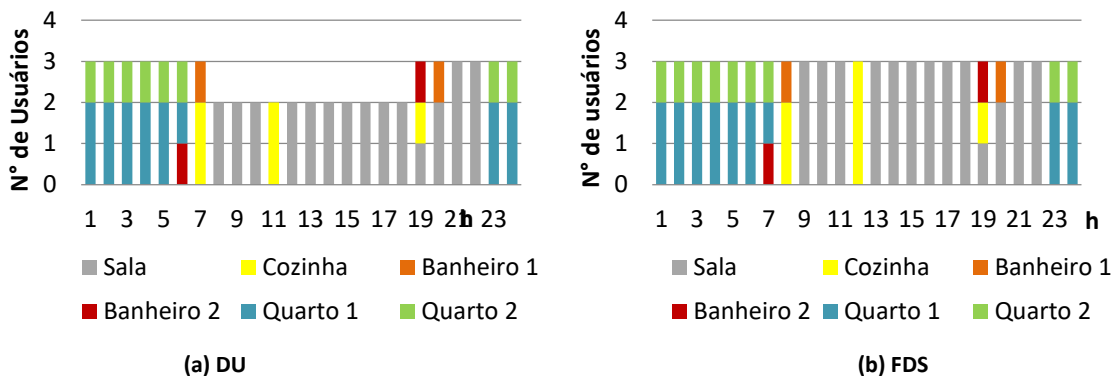
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 17 – Padrão de uso de equipamentos contemporâneo para (a) dias úteis e (b) finais de semana.



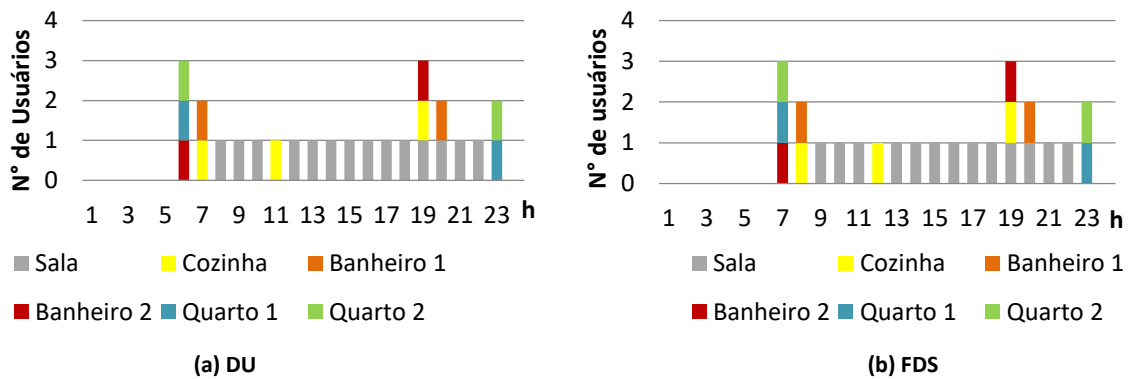
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 18 - Padrão de ocupação tradicional para (a) dias úteis e (b) finais de semana.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 19 - Padrão de uso de equipamentos tradicional (a) dias úteis e (b) finais de semana.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.3.3. Cargas internas

A partir das definições anteriores para os perfis familiares, foram levantados, por revisão bibliográfica, os equipamentos presentes em cada modelo de acordo com a renda definida na primeira etapa, bem como as suas respectivas cargas. Os dados foram obtidos nos trabalhos de Fedrigo et al. (2009), Tavares (2006), Andrade e Pinheiro (2014), Procel (Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2007), e nas Tabelas de consumo/eficiência energética do Inmetro (INSTITUTO..., 2017). As cargas foram distribuídas conforme o Quadro 4. A geladeira foi o único equipamento que teve diferença nas potências de acordo com a faixa de renda que está relacionada ao seu tamanho (400L, 416L e 427L), para a faixa de 1 a 3 salários mínimos (s.m.) a potência adotada foi de 36W, para 3 a 5 s.m. de 70W e para as faixas de 5 a 7 s.m. e 7 a 10 s.m. a potência de 75W.

Um caso especial foi a faixa de renda de 5 a 7 s. m., cuja taxa de penetração de freezers é de 50%. Assim, o freezer inserido somente no Modelo 4 além do Modelo 8 com faixa de renda de 7 a 10 s. m., e se refere ao equipamento separado o que já não é mais comum nos lares brasileiros, ou à potência adicionada a geladeira com freezer integrado, o que gera um consumo maior que uma geladeira convencional.

Quadro 4 - Posse de equipamentos por faixas de renda e suas potências.

Equipamentos	Potência (W)	Posse dos equipamentos por faixa de renda (n° salários mínimos)			
		1 a 3	3 a 5	5 a 7	7 a 10
Geladeira	36; 70; 75	SIM	SIM	SIM	SIM
Liquidificador	300	SIM	SIM	SIM	SIM
Ferro de Passar	1000	SIM	SIM	SIM	SIM
Som/DVD/BLURAY	80	SIM	SIM	SIM	SIM
Chuveiro Elétrico	4500	SIM	SIM	SIM	SIM
Televisão	95	SIM	SIM	SIM	SIM
Micro-ondas	1200	SIM	SIM	SIM	SIM
Lavadora de roupa	350	SIM	SIM	SIM	SIM
Computador	300	SIM	SIM	SIM	SIM
Aparelhos banheiro	400	SIM	SIM	SIM	SIM
Videogame	15		SIM	SIM	SIM
Exaustor	170		SIM	SIM	SIM
Cafeteira elétrica	1000			SIM	SIM
Forno elétrico	800			SIM	SIM
Impressora	40			SIM	SIM
Freezer	45			SIM (M4)*	SIM
Lava Louças	1500				SIM
Aspirador de pó	1000				SIM

Fonte: Elaborado pelo autor

É importante destacar que a Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso (PROGRAMA ..., 2007), é a última pesquisa desta abrangência realizada no Brasil e retrata a presença de alguns equipamentos que já estão em desuso, como o mencionado freezer. A pesquisa também não ilustra alguns novos equipamentos muito presentes no cotidiano atual, como celulares, tablets, modems, barbeadores, secadores, e outros. Buscou-se corrigir esta defasagem com o agrupamento dos equipamentos em cinco categorias de usos finais: Aquecimento de água, Conservação de alimentos, Condicionamento de ambientes, Iluminação, Lazer e Serviços Gerais, cuja calibração foi realizada com dados mais recentes estimados por Abrahão (2015) para a presente década de 2010. Assim embora a base de equipamentos e suas potências tenha sido do PROGRAMA... (2007), a calibração atualizou os modelos para seus usos mais recentes.

3.3.4. Simulação e calibração

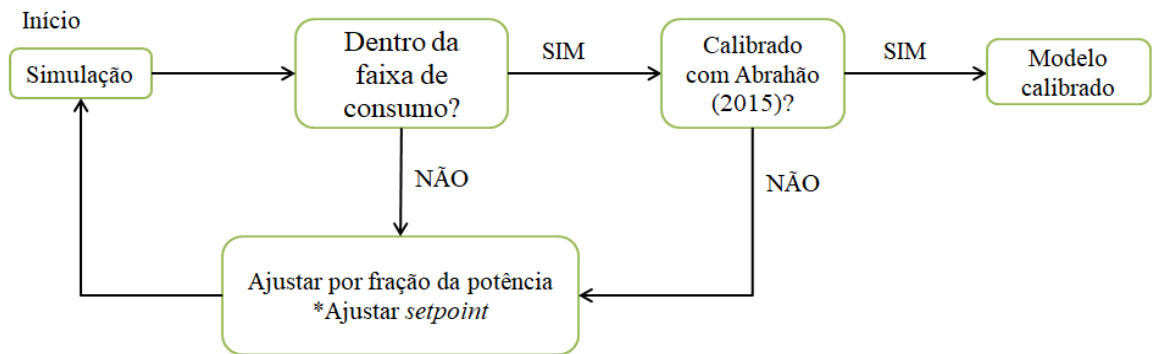
Nesta etapa foram realizadas as simulações dos oito modelos de unidades habitacionais, com ambientes de permanência prolongada condicionados por

splits com uso do EnergyPlus versão 8.7 e arquivos climáticos TMY Inmet 2016. As simulações horárias se deram para o ano completo com passo de tempos de 10 minutos, as temperaturas de solo foram modeladas para os modelos de residência unifamiliar (Modelos 6, 7 e 8). A ventilação natural teve abertura de janelas configuradas para o modelo de rede do EnergyPlus conforme o RTQ-R. As localidades escolhidas foram as cidade de São Paulo (ZB3): Latitude -23° 32' 56", Longitude -46° 38' 20", Altitude 760m, Temperatura média anual 19°C. Bento Gonçalves (ZB1): Latitude -29° 10' 17", Longitude -51° 31' 09", Altitude 640m, Temperatura média anual 17°C. Belém (ZB8): Latitude -01° 27' 21", Longitude -48° 30' 16", Altitude 15m, Temperatura média anual 26°C. Após a obtenção do consumo energético em cada caso foi realizada a calibração destes consumos simulados com os usos finais levantados por Abrahão (2015) para as regiões brasileiras e divididos por categorias de uso.

Devido à variabilidade do consumo energético do setor residencial, muitos dos parâmetros de entrada podem não ser exatamente conhecidos. Dessa forma, a calibração é necessária para estimar esses valores ou reduzir sua incerteza, aumentando a confiabilidade dos resultados da modelagem. A calibração foi realizada de forma manual, que por definição é feita alterando cada parâmetro que possa ter influência para a variável em ajuste. Nesse caso, altera-se um parâmetro por vez e executa-se o modelo para verificar as mudanças nos valores de saída, repetindo o processo até que um ajuste aceitável seja obtido (MUSTAFARAJ et al., 2014).

Sendo assim após os primeiros resultados da simulação, os consumos foram calibrados com os percentuais de consumo levantados por Abrahão (2015) para a região Sudeste, Sul e Norte. A primeira simulação foi realizada para cidade de São Paulo com os percentuais de uso da potência dos equipamentos em 100% seguindo os horários dos padrões de uso. Os percentuais de consumo no EnergyPlus foram gradativamente ajustados até se aproximar das faixas de consumo para o modelo em questão, e em seguida foram calibrados com base nos percentuais de Abrahão (2015), conforme Figura 24.

Figura 20 - Esquema de calibração.



Fonte: Elaborado pelo autor.

É importante destacar que o sistema de condicionamento artificial foi dimensionado pelo próprio EnergyPlus, e na primeira simulação para São Paulo somente os percentuais de uso dos outros equipamentos passaram por ajustes para que todas as categorias de uso final se aproximassem ao máximo dos percentuais de Abraão (2015). Como quantidade de energia consumida pela categoria denominada Conforto Ambiental era determinada pelo programa e dependia das condições climáticas e as características construtivas do modelo, alguns ajustes além dos realizados nos percentuais se mostraram necessários para as localidades de Bento Gonçalves e Belém como a variação de temperatura no termostato do sistema de ar condicionado para se adequar às condições climáticas locais e de adaptação do usuário. Estudos como os de Sorgato (2015), Krüger e Drach (2017) identificaram que as temperaturas mais frequentes em que os usuários ligam o sistema de condicionamento artificial foram de 16°C a 18°C para aquecimento e de 26°C a 28°C para resfriamento, mas destacam que é possível haver variações nestes limites de acordo com a tolerância do usuário adaptado ao clima local. Sendo assim, os parâmetros alterados foram as frações da potência dos equipamentos, e a temperatura de *setpoint* do sistema de condicionamento de ar, este último, somente nos casos onde não foi possível a calibração com apenas alteração no primeiro parâmetro.

Os resultados da calibração são mostrados na Tabela 10, para o Modelo 1 com modo de vida contemporâneo em São Paulo.

Tabela 9 - Usos finais iniciais e calibrados com os dados de Abrahão do M. 1, Faixa 80 a 200 kWh/mês.

Categorias	Inicial		Calibrado		Percentuais de Abrahão e faixa prevista.
	Consumo (kW/h)	Percentual	Consumo (kW/h)	Percentual	Percentual
Iluminação	335	4%	94	5.7%	6.2%
Lazer	2047	22%	105	6.3%	8.5%
Serviços Gerais	2521	27%	76	4.5%	5.7%
Aquecimento de Água	3285	36%	657	39.8%	37.0%
Conservação de Alimentos	613	7%	613	37.1%	35.9%
Conforto Ambiental	423	5%	105	6.6%	6.6%
Consumo anual (total)	9225	100%	1650	100%	100%

Fonte: elaborado pelo autor.

Somente para o caso de Belém foi necessário alterar o percentual de uso dos equipamentos de conservação de alimentos, pois o consumo aplicado é um consumo médio, e em locais com temperaturas elevadas a conservação de alimentos tende a consumir mais energia elétrica do que a média nacional.

3.4 RESULTADOS

A seguir, são apresentados os percentuais das categorias de uso final, relacionados aos modos de vida tradicional e contemporâneo, e as curvas de carga típicas de cada modelo geradas para dias úteis e finais de semanas.

3.4.1. Percentuais de uso dos equipamentos

A Tabela 11 mostra os usos finais anuais para o Modelo 1 com os dois modos de vida e nas três localidades simuladas, com os indicadores de consumo, intensidade energética e consumo por morador. É possível observar a grande variação entre cidades em algumas categorias. A quantidade de energia elétrica consumida para o aquecimento de água no modo contemporâneo, por exemplo, é 33 kWh/ano em Belém, enquanto é 788 kWh/ano e 657kWh/ano em Bento Gonçalves e São Paulo, respectivamente, devido ao clima do Norte ter somente condições de verão.

Tabela 10 - Usos Finais por ano do Modelo 1.

Usos Finais por ano do Modelo 1									
Localidade	Unidades	Modo	Iluminação	Lazer	Serviços Gerais	Aquecimento de Água	Conservação de Alimentos	Conforto Ambiental	Total
Bento Gonçalves	kWh	C.	94	129	101	788	613	267	1992
		T.	128	182	195	657	613	375	2150
	kWh/m ²	C.	1,8	2,4	1,9	14,8	11,5	5,0	37
		T.	2,4	3,4	3,6	12,3	11,5	7,0	40
	kWh/morador	C.	31,5	42,9	33,6	262,8	204,4	88,8	664
		T.	42,7	60,6	64,8	219,0	204,4	125,0	717
São Paulo	kWh	C.	94	105	76	658	613	105	1652
		T.	128	175	132	658	613	103	1809
	kWh/m ²	C.	1,8	2,0	1,4	12,3	11,5	2,0	31
		T.	2,4	3,3	2,5	12,3	11,5	1,9	34
	kWh/morador	C.	31,5	35,1	25,2	219,0	204,4	35,1	551
		T.	42,7	58,3	44,1	219,0	204,4	34,4	603
Belém	kWh	C.	61	129	25	33	920	658	1825
		T.	128	212	117	33	920	726	2135
	kWh/m ²	C.	1,1	2,4	0,5	0,6	17,3	12,3	34
		T.	2,4	4,0	2,2	0,6	17,3	13,6	40
	kWh/morador	C.	20,4	42,9	8,4	11,0	306,6	219,2	608
		T.	42,7	70,7	38,9	11,0	306,6	241,9	712

Fonte: Elaborado pelo autor.

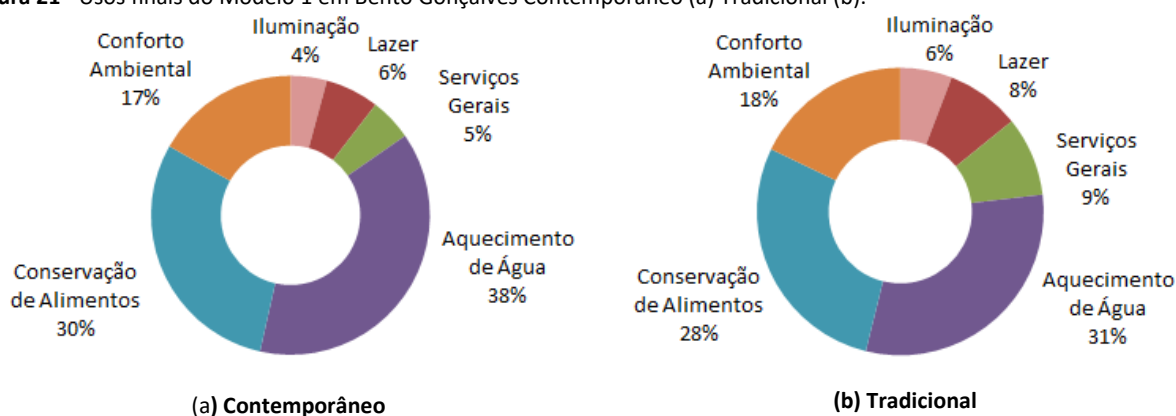
As médias mensais do consumo anual são apresentadas por categoria de uso na Tabela 12 para todos os casos simulados. Assim, é possível verificar os resultados calibrados nas três localidades, com os dois modos de vida propostos, e confirmar que a média de consumo mensal permaneceu dentro das faixas pré-estabelecidas para cada um dos modelos.

Modelo	Categorias	Bento Gonçalves		São Paulo		Belém	
		Consumo (kWh)		Consumo (kWh)		Consumo (kWh)	
		C.	T.	C.	T.	C.	T.
Modelo 1 (80-200 kWh/mês)	Iluminação	7,9	10,7	7,9	10,7	5,1	10,7
	Lazer	10,7	15,1	8,8	14,6	10,7	17,7
	Serviços Gerais	8,4	16,2	6,3	11,0	2,1	9,7
	Aquecimento de Água	65,7	54,8	54,8	54,8	2,7	2,7
	Conservação de Alimentos	51,1	51,1	51,1	51,1	76,7	76,7
	Conforto Ambiental	22,2	31,2	8,8	8,6	54,8	60,5
	Total	166	179	138	151	152	178
Modelo 2 (80-200 kWh/mês)	Iluminação	8,1	11,0	8,1	11,0	5,2	11,0
	Lazer	10,7	18,1	8,8	14,6	10,7	20,2
	Serviços Gerais	8,4	16,5	6,3	11,0	2,1	9,7
	Aquecimento de Água	65,7	54,8	54,8	54,8	2,7	2,7
	Conservação de Alimentos	51,1	51,1	51,1	51,1	76,7	76,7
	Conforto Ambiental	24,6	34,5	10,3	10,3	63,4	70,3
	Total	169	186	139	153	161	191
Modelo 3 (80-200 kWh/mês)	Iluminação	8,7	11,1	8,7	11,1	2,9	11,1
	Lazer	8,4	16,9	8,4	14,1	8,4	19,7
	Serviços Gerais	8,7	16,1	8,7	11,2	4,3	5,4
	Aquecimento de Água	76,7	65,7	60,3	60,3	5,5	3,3
	Conservação de Alimentos	54,8	54,8	54,8	54,8	67,9	81,8
	Conforto Ambiental	32,1	30,4	9,8	9,5	36,1	41,5
	Total	189	195	151	161	125	163
Modelo 4 (80-200 kWh/mês)	Iluminação	5,6	14,0	7,4	11,8	1,8	9,4
	Lazer	9,0	16,9	12,5	18,3	12,5	19,7
	Serviços Gerais	8,7	16,1	4,3	10,7	4,3	10,7
	Aquecimento de Água	76,7	65,7	65,8	65,8	5,5	2,7
	Conservação de Alimentos	61,3	58,4	65,7	58,4	92,0	87,6
	Conforto Ambiental	33,0	25,3	14,4	7,5	42,4	45,5
	Total	194	196	170	173	159	176
Modelo 5 (0-80 kWh/mês)	Iluminação	1,5	3,7	3,3	5,5	1,6	3,7
	Lazer	4,4	6,0	4,0	8,0	4,0	7,1
	Serviços Gerais	4,0	5,2	2,0	5,2	2,0	3,1
	Aquecimento de Água	30,1	27,4	27,4	27,4	2,7	1,6
	Conservação de Alimentos	23,4	26,3	29,2	26,3	35,0	34,3
	Conforto Ambiental	14,8	9,0	7,3	4,2	19,6	26,8
	Total	77	78	73	77	65	77
Modelo 6 (80-200 kWh/mês)	Iluminação	5,8	10,2	5,8	10,2	3,8	10,2
	Lazer	8,0	13,9	8,0	13,9	8,0	13,9
	Serviços Gerais	7,6	13,0	7,6	10,1	2,5	10,1
	Aquecimento de Água	49,3	49,3	49,3	49,3	2,7	5,5
	Conservação de Alimentos	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	76,7
	Conforto Ambiental	19,1	4,6	7,7	5,5	30,7	34,8
	Total	141	142	130	140	99	151
Modelo 7 (80-200 kWh/mês)	Iluminação	5,4	9,6	5,4	12,8	2,7	6,4
	Lazer	8,0	13,9	8,0	13,9	8,0	12,6
	Serviços Gerais	5,2	13,3	5,2	10,3	2,6	7,4
	Aquecimento de Água	49,3	49,3	49,3	49,3	3,8	3,3
	Conservação de Alimentos	51,1	51,1	51,1	51,1	51,1	71,5
	Conforto Ambiental	16,2	2,8	10,4	5,4	25,1	27,5
	Total	135	140	129	143	93	129
Modelo 8 (200-500 kWh/mês)	Iluminação	6,6	16,2	13,2	24,3	13,2	16,1
	Lazer	14,4	21,2	14,4	24,0	27,0	28,3
	Serviços Gerais	12,1	21,4	12,1	16,9	12,1	14,3
	Aquecimento de Água	87,6	93,1	87,7	93,2	8,8	5,5
	Conservação de Alimentos	87,6	87,6	87,6	87,6	131,4	131,4
	Conforto Ambiental	29,0	28,4	18,2	17,6	111,2	109,9
	Total	237	268	233	264	304	305

Tabela 11 - Média mensal do consumo anual por categoria e total. Fonte: Elaborado pelo autor.

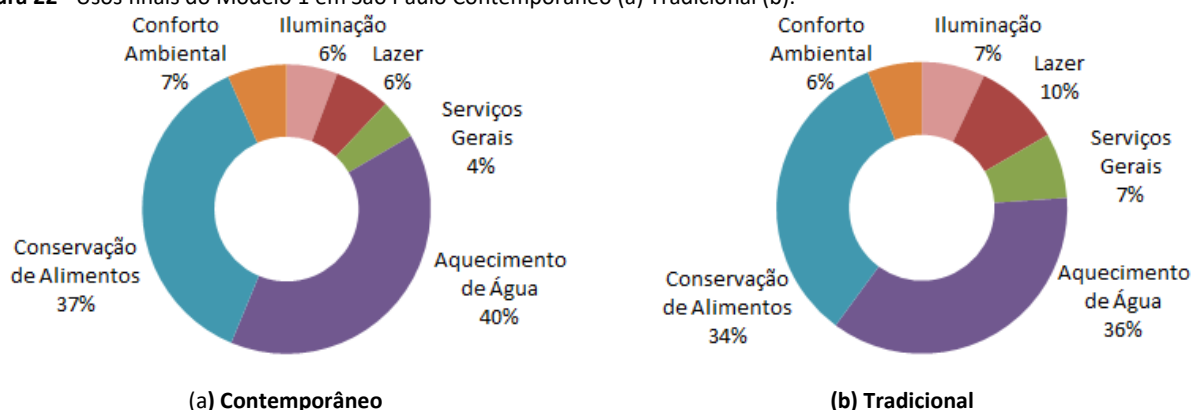
A divisão dos usos finais calibrados com os percentuais de Abrahão (2015) é apresentada por modo de vida nas Figuras 25 a 27, para o Modelo 1 (e para os demais casos no Apêndice D). Os usuários do modo de vida contemporâneo permanecem na unidade habitacional por um período de tempo menor, o que gerou usos finais nas categorias Lazer, Iluminação e Serviços abaixo do previsto (aproximadamente -3%) por Abrahão (2015). Com isso, o modo tradicional foi compensado com uma variação positiva (aproximadamente +3%). Assim, foi identificada a diferença média nos usos finais destas três categorias de 23% para 15% em Bento Gonçalves, 24% para 16% em São Paulo e 21% para 11% em Belém. Estes percentuais correspondem a diferenças médias no consumo por categoria Lazer, Iluminação e Serviços entre os modos tradicional e contemporâneo de 5 kWh/mês em Bento Gonçalves, 4 kWh/mês em São Paulo e 7 kWh/mês em Belém, obtidos com os resultados da Tabela 12.

Figura 21 - Usos finais do Modelo 1 em Bento Gonçalves Contemporâneo (a) Tradicional (b).



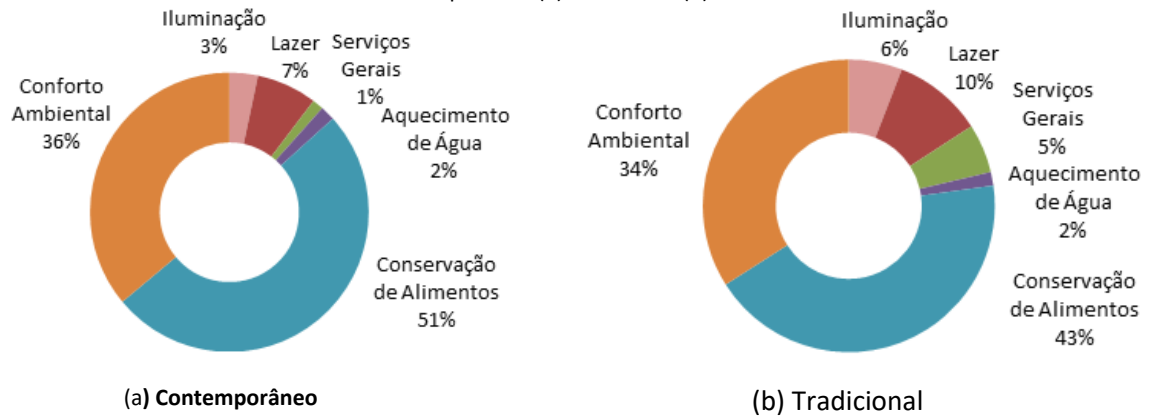
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 22 - Usos finais do Modelo 1 em São Paulo Contemporâneo (a) Tradicional (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 23 - Usos finais do Modelo 1 em Belém Contemporâneo (a) Tradicional (b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

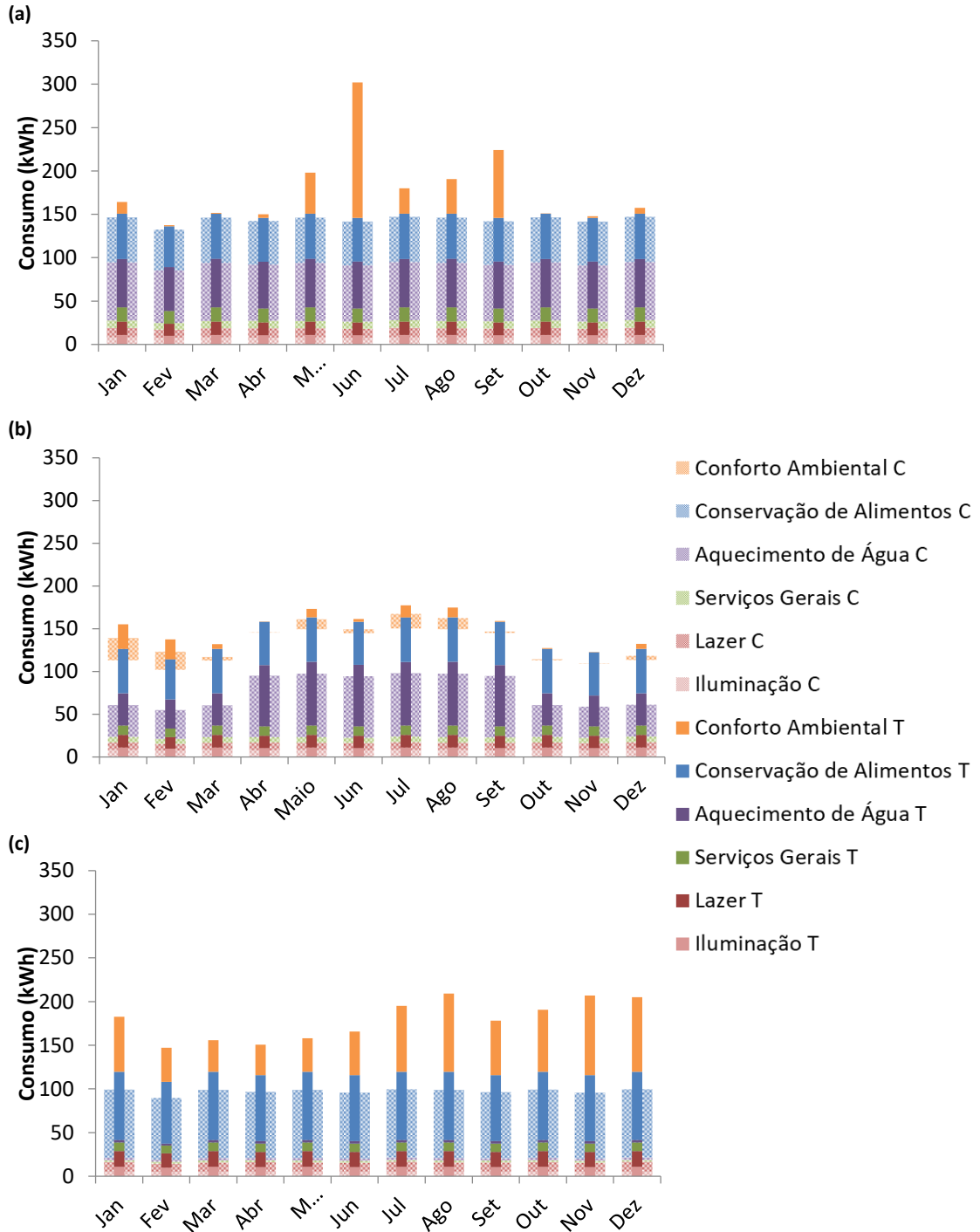
Pode-se observar na Figura 28 que o consumo mensal é maior no modo de vida Tradicional, devido à maior presença dos usuários na unidade durante o dia. Notam-se outros aspectos a partir dos consumos mensais como, o consumo para aquecimento de água cuja variação mensal é pequena em Bento Gonçalves e Belém, devido a serem climas com diferenças sazonais pequenas. Já em São Paulo a sazonalidade foi considerada devido às condições de inverno e verão distintas, gerando assim uma variação do consumo. Para a categoria Conservação de Alimentos, só é possível notar variação de consumo quando comparadas as duas primeiras localidades com Belém onde as temperaturas são elevadas o ano todo e com isso o equipamento foi ajustado para um consumo acima da média, elevando assim o consumo final da categoria.

A categoria que apresenta maior variação mensal é Conforto Ambiental, justamente por ter sido dimensionada pelo próprio *Energyplus*, onde foram consideradas as temperaturas internas por passo de tempo para o acionamento do sistema, gerando uma variação sazonal e por localidade. As demais categorias Lazer, Iluminação e Serviços Gerais só apresentam variações para um mesmo modelo quando comparadas entre os modos e as localidades, devido ao mesmo número de usuários e equipamentos em cada modelo.

Este consumo médio é diferenciado mensalmente para o Modelo 1 na Figura 28 (e demais casos no Apêndice D). É possível observar que, em alguns meses, o consumo ultrapassou a faixa determinada para o modelo como no caso do mês de junho do Modelo 1 em Bento Gonçalves, devido ao grande consumo para aquecimento ambiental. No entanto, o consumo é reduzido nos demais meses fazendo com que a média de consumo do modelo se enquadre na faixa de 80-

200 kWh/mês.

Figura 24 - Consumo mensal por categoria para Modelo 1. (a) Bento Gonçalves (b) São Paulo (c) Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.4.2. Curvas de carga

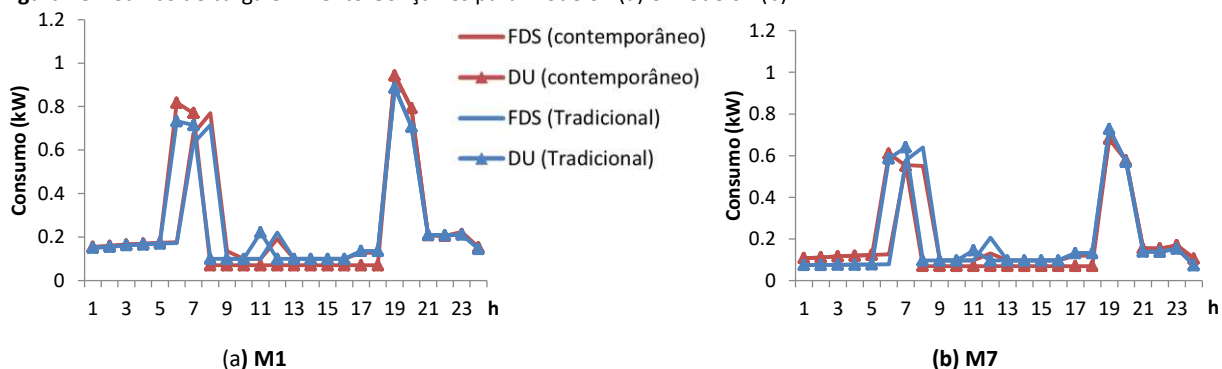
As curvas apresentaram o mesmo padrão em diversos modelos dentro de cada localidade, como visto nas Figuras 29 a 32, entre os casos a x b, já que os

mesmos modos de vida, fossem tradicionais ou contemporâneos, foram aplicados em todos os modelos, ou seja, horários nos padrões de ocupação e de uso eram idênticos, com alteração apenas do número de usuários, quantidade e tipos de equipamentos. Assim, as curvas se diferenciaram por um deslocamento no eixo das ordenadas, como visto nas Figuras 29 a 32, que foi ajustado apenas pela variação do ar condicionado e do banho. Este estava disponível para acionamento nos mesmos horários (19h às 06h) em todos os casos, mas dependia da temperatura de *setpoint* e das condições ambientais exteriores e do espaço interno, o que gerou consumos diferentes em cada modelo.

Porém, pode-se observar grandes variações nas curvas quando um mesmo modelo é comparado em diferentes localidades, devido às condições climáticas que afetaram o ar condicionado e uso do chuveiro elétrico. Neste caso, o maior impacto foi nos picos das curvas, principalmente em Belém onde a potência do chuveiro é menor que nas demais localidades. Para o caso de São Paulo foram elaboradas duas curvas devido às condições de verão e inverno, e a sazonalidade gerada por esta no consumo das categorias Conforto Ambiental e Aquecimento de água, como visto nas Figuras 30 e 31.

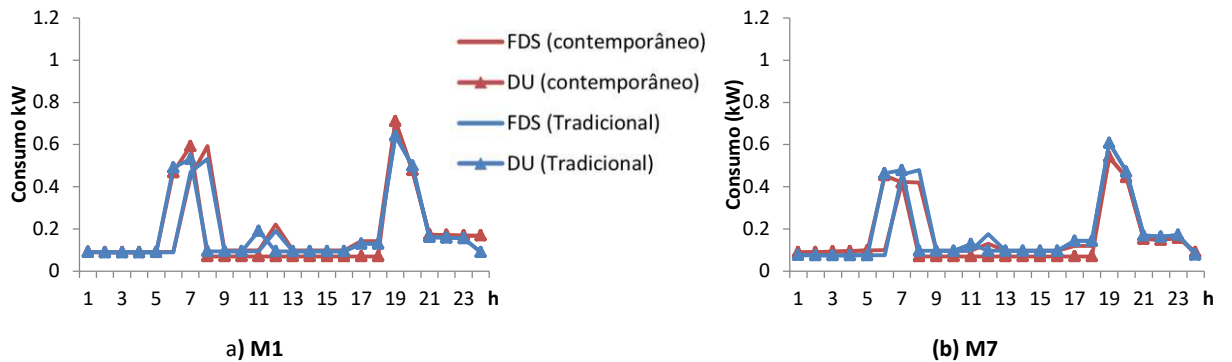
Outro ponto a se destacar são as diferenças entre os dois modos de vida. O Tradicional apresenta como principal diferença para o Contemporâneo o consumo diurno mais alto, nos dias úteis. Quanto aos usos para dias úteis e finais de semana também se observa as variações nos horários principalmente no início do dia (6h às 9h), correspondente ao despertar dos usuários e os picos referentes ao uso do chuveiro, e no horário de refeição (11h e 12h) determinado para ocupação da cozinha, já os picos causados pelo uso do chuveiro no início da noite (19h às 20h) são os mesmos em ambos os modos.

Figura 25 - Curvas de carga em Bento Gonçalves para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).



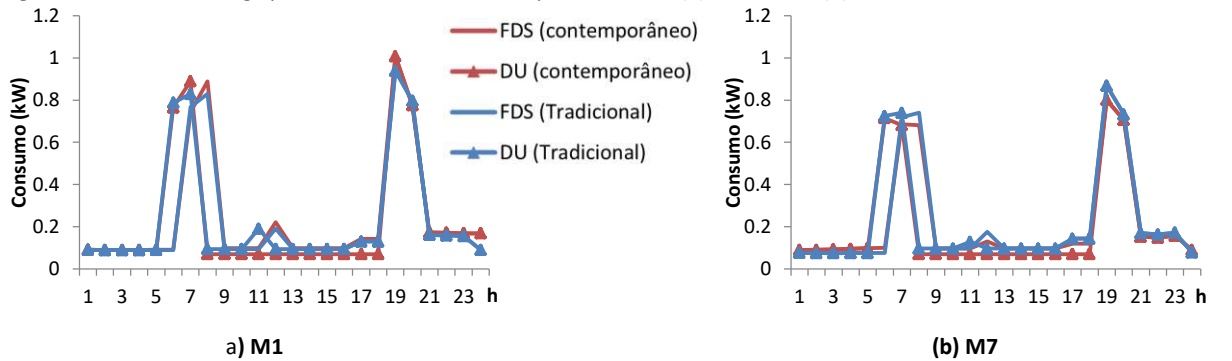
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 26 - Curvas de carga para verão em São Paulo para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).



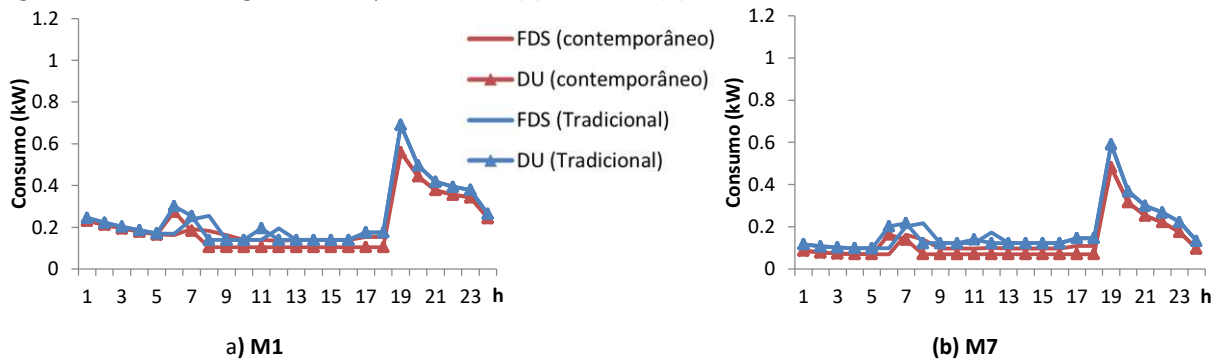
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 27 - Curvas de carga para inverno em São Paulo para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).



Fonte: elaborado pelo autor.

Figura 28 - Curvas de carga em Belém para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).



Fonte: Elaborado pelo autor.

3.5 CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou uma análise do consumo energético residencial a partir da simulação de modelos de unidades habitacionais com usuários com modos de vida contemporâneo e tradicional. Buscou-se definir, por meio de bibliografias, os perfis com dados de renda e faixa de consumo, os padrões de uso e ocupação baseados nos modos de vida, além dos equipamentos para

cada uma das unidades. O estudo abrange uma faixa de renda de 3 a 10 salários mínimos para habitações de 53 a 143 m², uni e multifamiliares e faixas de consumo de 0 a 500 kWh/mês.

A partir dos resultados pode-se verificar que foi possível encontrar os consumos por faixa para vários modelos e seus respectivos usos finais por uma abordagem bottom-up. O consumo do modo de vida Tradicional é maior do que o Contemporâneo, devido à ocupação diurna (8h às 18h) presente somente no primeiro. Como exemplo, a variação do consumo de um modo para outro no Modelo 1 foi de 158 kWh/ano, 53 kWh/ano, 310 kWh/ano para Bento Gonçalves, São Paulo e Belém, respectivamente.

Também foi possível verificar que as diferenças de consumo entre Tradicional e Contemporâneo concentram-se mais nos usos finais de Lazer, Iluminação e Serviços Gerais. Enquanto as diferenças entre localidades concentram-se em Conforto ambiental, Aquecimento de água e Conservação de alimentos, devido às condições climáticas. É importante ressaltar que, em alguns casos, o objetivo da calibração e a variação no percentual de uso final estipulada para os dois modos, não foram plenamente alcançados, e não atingiram exatos $\pm 3\%$, então a calibração buscou se aproximar ao máximo destes números. Pode-se observar que este fato se decorreu principalmente devido ao consumo para condicionamento ambiental, por ter uma variação determinada pelo arquivo climático enquanto os demais eram dados médios.

Outro ponto a se destacar em relação às curvas é o alto pico gerado pelo aquecimento de água que dificulta a observação de outras alterações na curva devido à escala. Nos casos de Belém, como o consumo de energia dessa categoria é menor, as variações nos demais horários são mais notáveis em ambos os modos de vida. Em contraste, o consumo de energia para condicionamento ambiental foi mais alto por ser uma região com clima de temperaturas elevadas o ano todo.

É importante observar que devido à aplicação dos mesmos modos de vida em todos os modelos, estes apresentaram curvas com comportamentos semelhantes nos horários de atividades iguais, mas com o consumo do equipamento de ar condicionado, as condicionantes climáticas e os percentuais de consumo por região, as curvas para cada região acabam se diferenciando, o que caracterizou o consumo típico dos modelos residenciais.

3.6 REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, K. C. F. **Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da análise da estrutura do consumo residencial de energia elétrica por região geográfica**. 2015. 244f. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável. Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO - ABRAVA. Ar condicionado residencial evolução do mercado. **Revista ABRAVA 2014**. Disponível em: <<http://abrava.com.br/?p=3644>>. Acesso em 21/07/2018.

ANDRADE, F. V.; PINHEIRO, R. B. Análise de decomposição da projeção de consumo de energia elétrica no Brasil para o setor residencial. **ENGEVISTA**, v. 16, n. 4, p.340-355, 2014.

ANITELLI, F. **[Re]produção?: repercussões de características do desenho do edifício de apartamentos paulistanos em projetos empreendidos no Brasil**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015.

DANTAS, F. C.; COSTA, E. M.; SILVA, J. L. M. Elasticidade preço e renda da demanda por energia elétrica nas regiões brasileiras: uma abordagem através de painel dinâmico. **Revista de Economia**, v. 43, n. 3 (ano 40), 2016.

DUCATTI, J. T.; TIBÚRCIO, T. M. S.; CARMO, R. R. Tecnologias Sustentáveis na Habitação Multifamiliar e os impactos no modo de vida. VI Encontro Nacional e IV Encontro Latino-americano sobre Edificações e Comunidades Sustentáveis. **Anais...** Vitória, 2011.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Balanco Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, 2017.

FEDRIGO, N. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. I Encontro Nacional e VI Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Natal, RN, 2009.

FEDRIGO, N. S.; GONÇALVES, G.; LUCAS, P. F.; GHISI, E. **Usos Finais de Energia Elétrica no Setor Residencial**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, p. 104. 2009.

FUMO, N.; BISWAS, M. A. Regression analysis for prediction of residential energy consumption. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.47, p. 332-342, 2015.

HOLTTINEN, Heli. How practices inform the materialization of cultural ideals in mundane consumption. **Consumption Markets & Culture**, v. 17, n. 6, p. 573-594, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE . **Censo Demográfico 2010: famílias e domicílios: resultados da amostra**. Disponível em: <

https://ww2.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2010/familias_e_domicilios/default_familias_e_domicilios.shtm>. Acesso em: 28/09/2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA - INMETRO, Qualidade e Tecnologia: **Tabelas de consumo/eficiência energética**. Publicação disponível em:< <http://www.inmetro.gov.br/consumidor/tabelas.asp?iacao=imprimir>> Acesso em: 02/12/2017.

JOHNSON, B. J.; STARKE, M. R.; ABDELAZIZ, O. A.; JACKSON, R. K.; TOLBERT, L. M. A method for modeling household occupant behavior to simulate residential Energy consumption. **IEEE Journal**, Washington, 2014.

KRÜGER, E; DRACH, P. Quantificação dos impactos da climatização artificial na sensação térmica de transeuntes em termos de alterações no microclima. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**. v. 9, n. 1, p. 301-312. 2017.

MENDONÇA, R. N; VILLA, S. B. Minimum contemporary apartment: development of the concept of use as key for obtaining its quality. **Ambiente construído**. v.16, n.4, p.251-270. 2016.

MORISHITA, C. **Impacto do regulamento para eficiência energética em 75 edificações no consumo de energia elétrica do setor residencial brasileiro**. 2011. 232 f. Dissertação (Mestrado). Programa de pós graduação em engenharia civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

MUSTAFARAJ, G.; DASHAMIR, M.; COSTA, A.; KEANE, M. Model calibration for building energy efficiency simulation. **Applied Energy**. v. 130, p. 72-85. 2014.

NOMADS.USP. **Segunda e-pesquisa comportamentos e espaços de morar: resultados gerais, primeira leitura**. São Carlos: Nomads.usp, IAU-USP, 2003.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - PROCEL. **Pesquisa de Posse e Hábitos de Consumo de Energia (Ano base 2005)**. Rio de Janeiro: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, 2007.

SILVA, A. S.; LUIZ, F.; MANSUR, A. C.; GHISI, E. Usos Finais de Eletricidade e Rotinas de Uso como Base para Estratégias de Eficiência Energética por Meio de Auditoria Residencial. XII Encontro Nacional e VIII Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** Florianópolis, p. 85-93, 2013.

SORGATO, M. J. **A influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais**. Tese (Doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SWAN, L. G.; UGURSAL, V. I. Modeling of end-use energy consumption in the residential sector: A review of modeling techniques. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.13, p. 1819–1835, 2009.

TANIGUCHI, A.; INOUE, T.; OTSUKI, M.; YAMAGUCHI, Y.; SHIMODA, Y.; TAKAMI, A.; HANAOKA, K.; Estimation of the contribution of the residential sector to summer peak demand reduction in Japan using an energy end-use simulation model. **Energy and Buildings**, v. 112, p. 80-92, 2016.

TAVARES, S. F. **Metodologia para análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras**. Tese (Doutorado). Centro Tecnológico - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TELLES, C. P. **Proposta de simplificação do RTQ-R**. Dissertação (Mestrado). Centro de ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

CAPÍTULO 4: IMPACTOS DA GERAÇÃO DISTRIBUÍDA FOTVOLTAICA E DA TARIFA BRANCA NO CONSUMO DO SETOR RESIDENCIAL

RESUMO

Desde o início deste século, nota-se uma crescente necessidade de suprimento energético em contrapartida ao aumento das preocupações ambientais internacionais. Em resposta a essa demanda, a geração distribuída fotovoltaica surge como possibilidade de redução das emissões dos gases de efeito estufa, além da redução do investimento em produção, transmissão ou distribuição. Outra forma de controle referente ao consumo energético é por meio do gerenciamento pelo lado da demanda que, no Brasil, surge como opção para o setor residencial com a Tarifa Branca. Porém, se as fontes renováveis de energia se apresentam com um menor impacto ambiental na produção de eletricidade, a inserção destas requer investimentos e planejamento, os quais devem ser cuidadosamente analisados, assim como a mudança para o novo regime tarifário. Nesse contexto, as simulações computacionais possibilitam visualizar possíveis cenários, facilitar análises e fomentar planejamentos futuros. Este trabalho avalia os efeitos no consumo de consumidores residenciais que aderirem à Tarifa Branca. São estudadas unidades habitacionais localizadas em Bento Gonçalves, São Paulo e Belém, com ou sem geração fotovoltaica. É mostrado que apenas a adesão à Tarifa Branca gera 12,7%, 17,1%, 23,4% de aumento de gastos nas respectivas localidades, o que ressalta a necessidade da mudança nos hábitos atualmente típicos do consumidor e a redução no uso de energia nos horários de pico. Em contrapartida, os casos com geração fotovoltaica foram majoritariamente mais benéficos com a Tarifa Convencional, porém foi possível observar casos em Bento Gonçalves, onde a diferença não foi tão grande ou a melhor opção foi a Tarifa Branca, visto que o pico de consumo gerado pelo chuveiro elétrico foi eliminado com a inserção do sistema solar de aquecimento de água que acompanhou o sistema fotovoltaico. Este, por sua vez, levou o consumo das habitações à tarifa mínima, principalmente em São Paulo, onde os custos foram praticamente os mesmos não importando qual o regime tarifário.

Palavras-Chave: Simulação, Tarifa Branca, Geração Distribuída, Fotovoltaico.

ABSTRACT

Since the beginning of this century, there has been an increasing need for energy supply in exchange for increased international environmental concerns. In response to this demand, photovoltaic distributed generation appears as a possibility of reducing greenhouse gas emissions, as well as reducing investment in production, transmission or distribution. Another form of control related to energy consumption is through management by the demand side, which in Brazil is an option for the residential sector with the Tarifa Branca. However, if renewable energy sources have a lower environmental impact on electricity production, their insertion requires investments and planning, which must be carefully analyzed, as well as the change to the new tariff regime. In this context, computational simulations make it possible to visualize possible scenarios, facilitate analysis and encourage future planning. This paper assesses the effects on the consumption of residential consumers that adhere to the Tarifa Branca. We study housing units located in Bento Gonçalves, São Paulo and Belém, with or without photovoltaic generation. It is shown that only adherence to the Tarifa Branca generates 12.7%, 17.1%, 23.4% increase in spending in the respective localities, which highlights the need to change the habits currently typical of the consumer by reducing the use of energy at peak times. On the other hand, cases with photovoltaic generation were mostly beneficial with the Conventional Tariff, but it was possible to observe cases in Bento Gonçalves, where the difference was not so great or the best option was the Tarifa Branca, since the peak consumption generated by the electric shower was eliminated with the insertion of the solar water heating system that accompanied the photovoltaic system. This, in turn, led the consumption of the dwellings to the minimum tariff, mainly in São Paulo, where costs were practically the same regardless of the tariff regime.

Keywords: Simulation, Tarifa Branca, Distributed Generation, Photovoltaic.

4.1 INTRODUÇÃO

No ano de 2016, a geração de energia solar em todo mundo cresceu aproximadamente 50%, equivalente a 75 GW, elevando assim, a potência mundial instalada para 303 GW (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY, 2017). Segundo o REN21 (2017), o crescimento líquido da geração de energia solar de 2016 superou o crescimento de qualquer outra fonte de energia usada no mundo. Juntamente com outras fontes renováveis, a energia solar contribuiu para que a taxa de emissão de CO₂ oriundo dos combustíveis fósseis e da indústria mantivesse um crescimento de apenas 0,2% ao ano.

No cenário brasileiro, a estimativa é que até o ano de 2024, o país atinja a marca de 7 GW instalados, aumentando a participação da energia solar na matriz energética de 0,02%, em 2014, para cerca de 4% no período de 10 anos (MINISTÉRIO..., 2017). Viana, Manassero Junior e Udaeta (2018) afirmam que este aumento exponencial mundial se deve a inúmeros fatores, entre eles a redução de custos para instalação do sistema e as políticas de incentivo dados pelos governos, por meio de regulamentações da energia gerada pelo consumidor. Este crescimento vem ocorrendo em duas direções: sistemas fotovoltaicos instalados principalmente nos telhados de unidades consumidoras residenciais e investimento de grandes empresas na construção de usinas solares (SOUTO *et al.*, 2018).

Segundo Tenfen *et al.* (2013), os principais instrumentos utilizados nas políticas de incentivos para a microgeração de energia e a inserção das fontes renováveis no mundo são: Tarifa Prêmio (*Feed-in Tariffs*)³; Subsídios Financeiros; Incentivos Fiscais; Certificados Verdes de Energia Renovável; Sistema de cotas com Certificados Verdes e Sistema de compensação de energia (*Net Metering*)⁴. Estes incentivos podem ser divididos em políticas regulatórias, incentivos financeiros e financiamento público.

O novo cenário de expansão do sistema elétrico considera integrar várias pequenas gerações no que é chamado de Geração Distribuída (GD), onde cada

³ Mecanismo onde o produtor de energia fotovoltaica vende sua geração diretamente para a concessionária, e recebe para isto uma tarifa prêmio superior à tarifa praticada pela mesma.

⁴ Traduzido literalmente como medição líquida, a energia gerada é usada para abater o consumo de energia elétrica da unidade, e com a possibilidade de vender o excedente para a concessionária pela mesma tarifa de compra de energia, gerando créditos para os meses subsequentes.

unidade geradora fornece energia elétrica em um local mais próximo do consumidor, eliminando, por exemplo, os custos com longas linhas de transmissão e distribuição (TENFEN *et al.*, 2013). As microrredes são o conjunto desse tipo de geração e de consumidores de energia elétrica que podem operar conectados e sincronizados com a rede principal.

Segundo a Aneel (2016a), entre as vantagens das microrredes bem dimensionadas, pode-se citar: a diminuição do consumo de combustíveis fósseis, e com isso redução das emissões de gases poluentes; a redução de custos com perdas técnicas; o adiamento de investimentos em linhas de transmissão e distribuição; a melhora da qualidade e confiabilidade do fornecimento de energia. Portanto, as microrredes em conjunto com as redes inteligentes, ou *smart grids*, estão emergindo como uma alternativa para satisfazer o crescimento do mercado de energia, além de novas exigências ambientais (DRUDE; PEREIRA JUNIOR; RÜTHER, 2014).

No Brasil, conforme disposto nos regulamentos da Aneel, a micro e a minigeração distribuída consistem na produção de energia elétrica a partir de pequenas centrais geradoras que utilizam fontes renováveis de energia elétrica ou cogeração qualificada, conectadas à rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Para efeitos de diferenciação, a microgeração distribuída refere-se a uma central geradora de energia elétrica, com potência instalada menor ou igual a 75 kW, enquanto a minigeração distribuída é limitada por centrais geradoras com potência instalada superior a 75 kW e menor ou igual a 3 MW, para a fonte hídrica, ou 5 MW para as demais fontes (AGÊNCIA..., 2016a).

Jannuzzi e Mello (2013) mostram o potencial de geração de energia fotovoltaica (FV) no Brasil de 16×10^{12} MWh, cujos níveis médios anuais de irradiação global variam de 1.500 kWh/m² a 2.500 kWh/m², com locais de até 6.500 kWh/m². Estes são níveis maiores que a maioria dos países europeus, onde os investimentos neste tipo de tecnologia são bem mais difundidos. Os autores também apontam a geração FV como uma solução para momentos que o país sofra com estações de seca quando normalmente as fontes energéticas são combustíveis fósseis e/ou energia armazenada em reservatórios hidroelétricos, resultando em aumento de emissões e impactos ambientais.

Como uma forma de aumento na inserção da tecnologia FV no setor residencial,

Santos e R  ther (2012) afirmam que os *kits* FV são uma alternativa de baixo custo, pronta para uso, para uma absor  o rápida e massiva para o consumidor residencial conectado    rede. Segundo os autores, estes podem economizar tempo e custos de projeto e instala  o, além de normalmente requer apenas uma fra  o das áreas de cobertura individuais existentes nas unidades habitacionais, e ainda com possibilidade de expansão.

Dentro deste contexto, Souto *et al.* (2018) destaca que antes de se pensar na instala  o do sistema fotovoltaico,    de extrema importância promover a  o de eficiência energética, como a substitui  o do chuveiro elétrico por sistemas de aquecimento solar. Ainda, segundo os autores, a energia elétrica consumida pelo chuveiro elétrico no setor residencial pode chegar a até 45% da fatura mensal de energia, o que mostra o alto potencial do uso de sistemas de aquecedores solares em substitui  o ao chuveiro elétrico.

Outro fator favorável para a ado  o de aquecedores solares deve-se ao fato de que o território brasileiro está localizado na região intertropical que possui um alto   ndice de irradia  o solar. A Alemanha    o líder europeu na utiliza  o de aquecedor solar, mesmo com um clima temperado, e esta liderança foi atingida a partir de incentivos por políticas públicas. O mercado solar térmico alemão se beneficia não apenas do aumento dos preços da energia, mas também dos programas de subsídios concedidos pelo governo (VASCONCELLOS, 2012).

Diante deste quadro, Miranda, Szklo e Schaeffer (2014) contrapõem os benefícios do sistema fotovoltaico ao afirmar que a inser  o destes em larga escala poderá aumentar a diferença entre o vale e o pico de gera  o e, conseqüentemente, o período de ponta poderá ser ainda maior, o que eventualmente irá tornar o sistema ainda mais caro. O horário de ponta comumente ocorre entre 18h e 21h, que    o período do dia no qual o consumo de energia elétrica    consideravelmente maior devido    coincidência da combina  o dos horários de opera  o do comércio e indústria com o aumento do consumo nas unidades residenciais e início da ilumina  o pública.

   importante ressaltar que a Resolu  o Normativa 687 (AGÊNCIA..., 2015) estabelece um sistema de compensa  o, onde a energia ativa injetada no sistema de distribui  o pela unidade consumidora será cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a unidade consumidora a ter um crédito em quantidade de energia ativa a ser consumida por um prazo de 60

(sessenta) meses.

Miranda, Szklo e Schaeffer (2014) destacam também que uma vez que o horário de ponta ocorre apenas em um curto período do dia, parte da capacidade de geração de energia eventualmente acaba se tornando ociosa. Assim eles mostram uma necessidade de se identificar de forma clara as cargas elétricas utilizadas na unidade residencial e o consumo como um todo, para que assim seja possível que o usuário possa realizar um gerenciamento tanto da sua geração quanto da sua demanda de energia elétrica (SOUTO *et al.*, 2018).

Diante desta necessidade de gerenciamento pelo lado da demanda, especificamente no que concerne ao setor residencial, foi aprovada em 2011 pela Aneel um novo modelo tarifário, a Tarifa Branca. Ela é uma modalidade que possibilita o deslocamento do pico e a redução do consumo de energia, pelo gerenciamento da demanda. Ela sinaliza ao consumidor final a possibilidade de ser uma alternativa econômica à tarifa tradicional visto que, ao deslocar o consumo para outros horários fora do horário de pico, o usuário se beneficia economicamente (FINOTTI; ALMEIDA; ZILLES, 2018).

A Tarifa Branca busca influenciar os hábitos de consumo de energia elétrica para o consumidor de baixa tensão no Brasil. Esta modalidade tarifária possibilita que o consumidor pague valores diferentes pela energia consumida de acordo com a hora e do dia da semana. As 24 horas do dia são divididas em três períodos, chamados de Fora de Ponta (FP), Intermediário (I) e de Ponta (P). A ANEEL determina que um período de cinco horas deva ser utilizado para distribuir os períodos Intermediários e de Ponta, sendo que cabe a cada distribuidora escolher as 5 horas do dia que melhor se encaixam em seu pico de distribuição.

Destas, a primeira e a última hora do período são definidas como intermediárias, entre as horas intermediárias temos o período de Ponta e as demais horas do dia são definidas como Fora de Ponta. O preço da energia no período Fora da Ponta deverá ser mais barato que o preço da energia no modelo de cobrança Convencional, nos horários Intermediários o valor cobrado será até três vezes o valor da convencional e, no período de Ponta, o valor cobrado será de até cinco vezes da Tarifa Convencional (AGÊNCIA..., 2016b).

Outra vantagem do gerenciamento pelo lado da demanda é favorecer também as concessionárias, permitindo que se minimizem as perdas do sistema, tornando-o mais eficiente. Também posterga grandes investimentos na

infraestrutura da rede tanto para geração quanto para distribuição, já que o sistema como um todo é dimensionado para atender a demanda referente ao pico (PONCE-JARA *et al.*, 2017).

Dado este cenário, é de fundamental importância ressaltar que, caso haja energia excedente num determinado período (por exemplo, no horário fora de ponta), os créditos poderão ser utilizados para abater o consumo em outro período (no horário de ponta, por exemplo). Todavia, nesse caso, a quantidade de créditos é multiplicada por uma relação de cerca de 60% (AGÊNCIA..., 2016a). Assim, o objetivo deste trabalho é verificar se a mudança para este novo sistema de cobrança, a Tarifa Branca, irá beneficiar ou prejudicar as unidades consumidoras dado o perfil de consumo residencial e a geração de energia fotovoltaica.

4.2 MÉTODOS

Foram utilizados 8 modelos de unidades habitacionais representativas do setor residencial (TELLES, 2016; TEIXEIRA *et. al*, 2015; SORGATO 2009), com padrões de uso de iluminação, equipamentos e ocupação de usuários com modos de vida tradicional e contemporâneo definidos no capítulo anterior, foi realizada a definição e inserção do sistema fotovoltaico. Em seguida, foi realizada a simulação do consumo e geração de energia com o programa EnergyPlus 8.7 para três cidades, Bento Gonçalves, São Paulo e Belém, respectivamente zonas bioclimáticas 1, 3 e 8. Em seguida, as Tarifas Convencional e Branca foram aplicadas para 96 casos com e sem energia fotovoltaica.

4.2.1. Inserção do Sistema Fotovoltaico

Um sistema fotovoltaico de silício policristalino foi inserido nos modelos de unidades habitacionais condicionadas artificialmente após levantamento bibliográfico que definiu a quantidade de módulos e o tipo de tecnologia empregada. O sistema fotovoltaico foi simulado no formato de *kit* com número de módulos em função do consumo anual típico de cada modelo de habitação definido no capítulo anterior. Assim, tanto a localidade quanto o modo de vida aplicado influenciaram diretamente a quantidade de módulos por meio da demanda de energia de cada caso. Sendo assim, a alteração do modo de vida

de tradicional para contemporâneo em um mesmo modelo de habitação alterou o número de módulos em alguns casos (Tabela 1). As localidades foram Bento Gonçalves, latitude 29° 10' 17" S , São Paulo, latitude 23° 32' 51" S e Belém, latitude 01° 27' 21" S.

Para os modelos de unidades habitacionais multifamiliares, que são apartamentos, uma relação da área ocupada pelos kits e da área disponível na cobertura de seu edifício foi criada a fim de determinar o número máximo de sobreposições de cada apartamento e, conseqüentemente, o número de pavimentos máximos do edifício ao qual este estudo é válido. Foram testados dois cenários: no primeiro toda a área de cobertura 100% estaria disponível, seguindo o modelo de estrutura proposto por Zomer (2008); e no segundo, apenas 75% da área estaria disponível, o que deixa uma área disponível para caixa d'água como visto na Tabela 13.

Tabela 12 - Número de pavimentos possíveis para edifícios habitacionais multifamiliares e número dos módulos fotovoltaicos de acordo com o modelo.

Características dos Modelos																
	Modelo 1		Modelo 2		Modelo 3		Modelo 4		Modelo 5		Modelo 6		Modelo 7		Modelo 8	
Modo de vida	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.	C.	T.
Tipo	Mult.		Mult.		Mult.		Mult.		Mult.		Uni.		Uni.		Uni.	
Área Cob. (m ²)	53.3		60.8		66.7		67.7		33.2		30.7		55.4		142.9	
Dormitórios	2		2		3		3		1		2		2		3	
Moradores	3		3		4		4		2		3		3		4	
Bento Gonçalves																
Consumo	95	118	98	125	107	123	112	124	46	48	87	88	82	86	142	166
Qt. Módulos	3	4	3	5	3	5	3	5	2	2	3	3	3	3	6	6
Área Kit	5,7	7,6	5,7	9,5	5,7	9,5	5,7	9,5	3,8	3,8	5,7	5,7	5,7	5,7	11,4	11,4
Pav. (100%)	9	7	10	6	11	7	11	7	8	8	-	-	-	-	-	-
Pav. (75%)	7	5	8	4	8	5	8	5	6	6	-	-	-	-	-	-
São Paulo																
Consumo	79	91	80	93	86	96	99	101	43	47	76	86	76	89	138	162
Qt. Módulos	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	4	4
Área Kit	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	1,9	1,9	3,8	3,8	3,8	3,8	7,6	7,6
Pav. (100%)	14	14	16	16	17	17	17	17	17	17	-	-	-	-	-	-
Pav. (75%)	10	10	12	12	13	13	13	13	13	13	-	-	-	-	-	-
Belém																
Consumo	142	166	150	178	114	152	145	164	59	71	91	138	85	119	280	285
Qt. Módulos	3	4	4	4	3	4	4	4	2	2	3	3	2	3	6	6
Área Kit	5,7	7,6	7,6	7,6	5,7	7,6	7,6	7,6	3,8	3,8	5,7	5,7		5,7	11,4	11,4
Pav. (100%)	9	7	8	8	11	8	8	8	8	8	-	-	-	-	-	-
Pav. (75%)	7	5	6	6	8	6	6	6	6	6	-	-	-	-	-	-

Fonte: Elaborado pelo autor.

Cada módulo possui dimensões de 1,9 m², com 1,92 m de comprimento e 0,99 m de largura. O modelo de *kit* escolhido é da marca *Canadian Solar* com eficiência média do sistema de 17%. Cada módulo é constituído por 72 células de silício policristalino distribuídas em série. Segundo o fabricante, os valores máximos da potência (P), da tensão (V) e da intensidade (A) de cada painel são, respetivamente, 330W, 47,6V e 8,19A.

Os *kits* solares fotovoltaicos foram orientados a norte, com inclinação igual à latitude local. As simulações foram realizadas com o modelo de cálculo de sistemas fotovoltaicos do EnergyPlus denominado *Equivalente One-Diode* (EOD) e com o método *Integrated Surface Outside Face* (ISOF), onde a temperatura superficial externa do módulo é adotada como a temperatura da célula para correção da eficiência. Segundo Rodrigues e Carlo (2018), este é um dos métodos do EnergyPlus que apresentou resultados mais próximos dos painéis fotovoltaicos verdadeiros.

4.2.2. Simulação

A simulação foi realizada utilizando arquivos climáticos TMY Inmet (2016) das cidades Bento Gonçalves (ZB1), São Paulo (ZB3) e Belém (ZB8). O dimensionamento do sistema de condicionamento de ar do tipo bomba de calor foi automático, e com parâmetros definidos pelo RTQ-R (INSTITUTO..., 2010a). Para os casos simulados com painéis fotovoltaicos, foi considerado que aquecedores solares substituíram o chuveiro elétrico, porém com backup elétrico acionado durante quinze dias no mês com maior nível de nebulosidade na respectiva localização, conforme as normais climatológicas INMET (INSTITUTO..., 2010b): Outubro em Bento Gonçalves, Janeiro em São Paulo e Fevereiro em Belém.

As simulações para o ano completo tiveram passo de tempo de cálculo de 10 minutos, e as temperaturas de solo foram incluídas para os modelos de residência unifamiliar (Modelos 6, 7 e 8). A ventilação natural teve abertura de janelas configuradas para o modelo de rede do EnergyPlus conforme o RTQ-R (INSTITUTO..., 2010a). As características do clima das localidades escolhidas são apresentadas na Tabela 14.

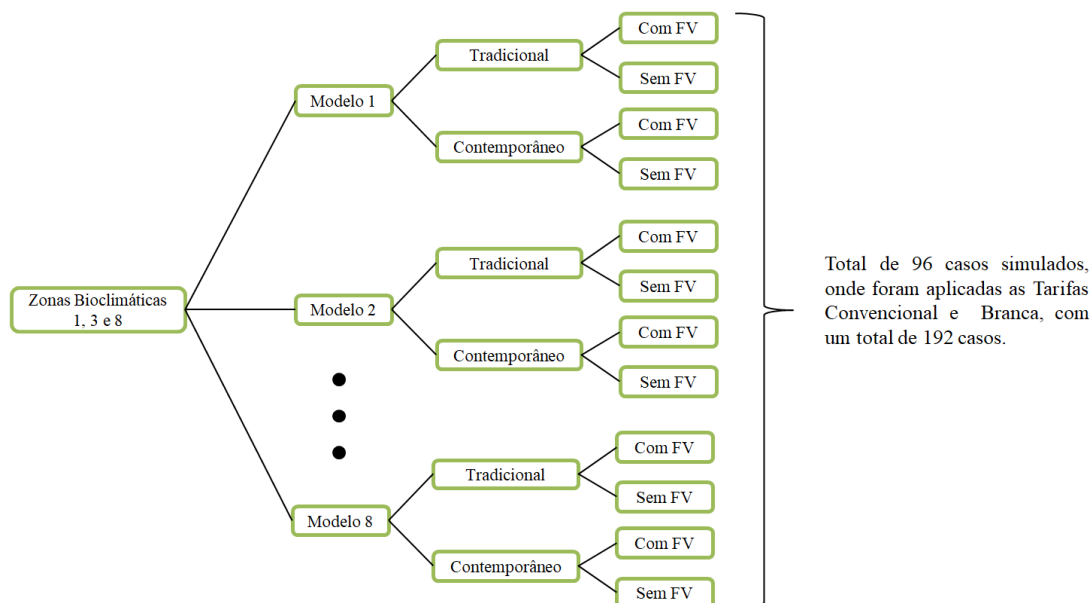
Tabela 13 - Características das localidades nos arquivos climáticos.

	Bento Gonçalves (ZB1)	São Paulo (ZB3)	Belém (ZB8)
Latitude	-29° 10' 17"	-23° 32' 56"	-01° 27' 21"
Longitude	-51° 31' 09"	-46° 38' 20"	-48° 30' 16"
Altitude (m)	640	760	15
Temperatura média anual (°C)	17	19	26
Radiação média anual (kWh/m ²)	136	158	165

Fonte: Elaborado pelo autor.

O sistema de geração distribuída fotovoltaica foi inserido em cada um dos modos de vida tradicional e contemporâneo de cada modelo localizado em cada cidade. Modelos sem sistemas fotovoltaicos foram também criados, estes com chuveiros elétricos. Os resultados foram obtidos em frequência horária para a determinação da média de geração e de consumo energético final em cada um dos casos. Em seguida, foi realizada a aplicação das Tarifas Convencional e Branca, como visto na Figura 33.

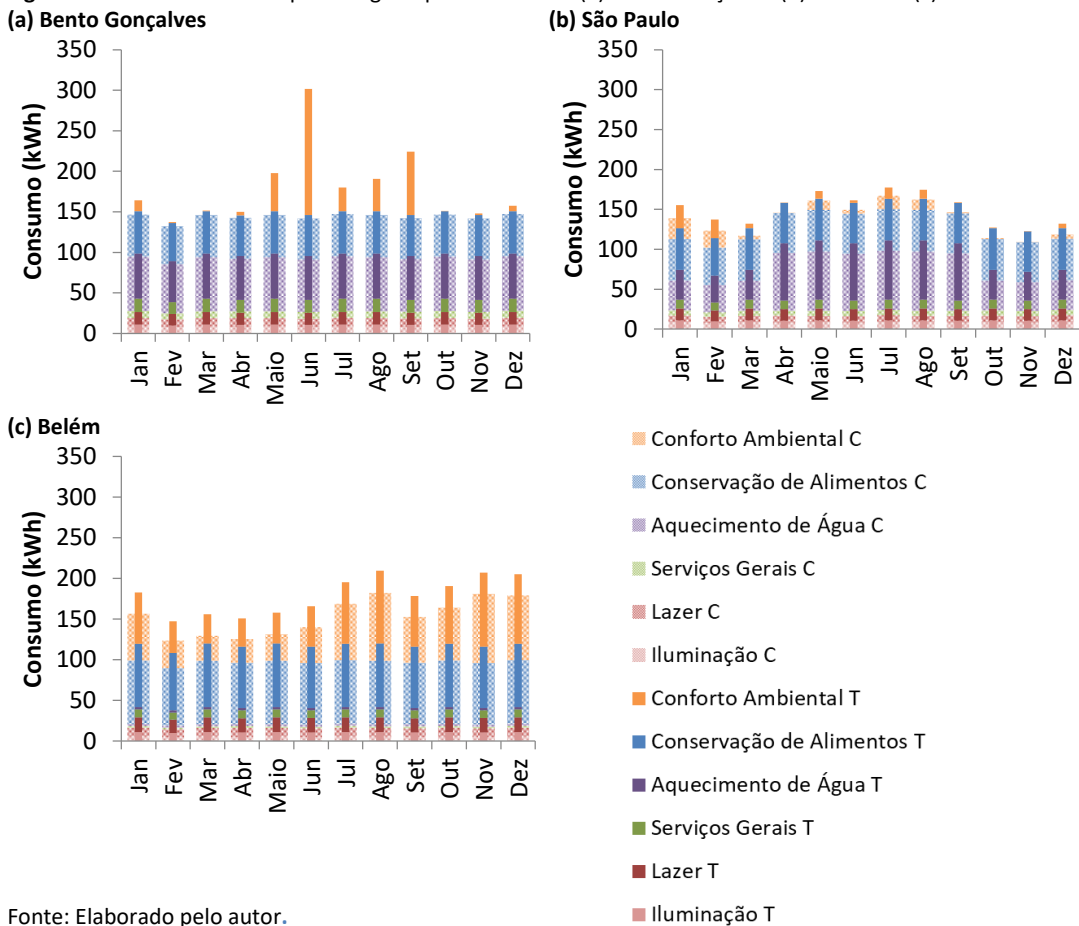
Figura 29 – Composição dos casos simulados.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O consumo de cada um dos modelos foi definido, de acordo com os usos finais para cada uma das categorias: Aquecimento de água, Conservação de alimentos, Condicionamento de ambientes, Iluminação, Lazer e Serviços Gerais. Como visto na Figura 34, o caso do Modelo 1 sem sistema fotovoltaico nas três localidades, importante destacar que com sistema fotovoltaico a única categoria que tem seu consumo alterado é a categoria Aquecimento de água, que foi retirado com a substituição do chuveiro elétrico pelo sistema de aquecimento solar.

Figura 30 - Consumo mensal por categoria para Modelo 1. (a) Bento Gonçalves (b) São Paulo (c) Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2.3. Aplicação Tarifária

A aplicação das tarifas incluiu apenas o custo final da energia para o consumidor de cada concessionária, conforme o preço da tarifa de energia (TE) somado ao preço da Tarifa de Uso do Sistema de Distribuição (TUSD): a primeira é relativa ao faturamento mensal do consumo de energia enquanto a segunda refere-se ao

faturamento mensal de usuários do sistema de distribuição pelo seu uso (AGÊNCIA..., 2016b). Impostos não foram incluídos, já que estes se aplicam a ambos os regimes tarifários. Na tabela 15 os valores referentes às tarifas foram homologados pela Aneel e apresentados na Resolução Homologatória de cada concessionária para o ano de 2018, para tarifas de aplicação das modalidades Convencional e Horária Branca, para o subgrupo residencial (AGÊNCIA..., 2018a; AGÊNCIA..., 2018b; AGÊNCIA..., 2018c).

Tabela 14 - Valores das tarifas branca e convencional nas localidades definidas.

Zonas Bioclimáticas	ZB1	ZB3	ZB8
Cidade	Bento Gonçalves	São Paulo	Belém
Tarifa	(R\$/kWh)	(R\$/kWh)	(R\$/kWh)
Convencional	0,528	0,484	0,671
Branca	Ponta	0,932	1,361
	Intermediária	0,601	0,877
	Fora de Ponta	0,422	0,554

Fonte: Adaptado das Resoluções Homologatórias da Aneel (2401/2018a; 2380/2018b; 2433/2018c).

Para os casos com geração distribuída, foi necessário observar o custo de disponibilidade que, por definição, é um valor cobrado pelas concessionárias por disponibilizar a energia elétrica no ponto de consumo. O Custo de Disponibilidade é regulado pela Resolução Normativa n° 414 (AGÊNCIA..., 2010)., que estabelece os seguintes valores mínimos de entrega de energia, conforme padrão de conexão com a rede: 30 kWh, se padrão monofásico; 50 kWh, se padrão bifásico; 100 kWh, se padrão trifásico. Sendo assim foram estabelecidos de acordo com as potências de demanda de cada modelo, padrão monofásico apenas para o Modelo 5, trifásico para o Modelo 8 e bifásico para os demais modelos.

Assim, nos casos em que o consumo mensal foi inferior ao mínimo aplicável, o valor cobrado foi o do custo de disponibilidade, cujo valor correspondeu à quantidade de energia mínima multiplicada pela Tarifa Convencional, mesmo nos casos de aplicação da Tarifa Branca, conforme determina a Resolução Normativa n° 733 (AGÊNCIA..., 2016b).

4.2.4. Análise

Os resultados foram comparados a fim de identificar quais os impactos causados

no consumo energético residencial com a inserção da geração distribuída fotovoltaica combinada à análise da viabilidade da mudança tarifária para a Tarifa Branca para os casos com e sem geração fotovoltaica.

4.3 RESULTADOS

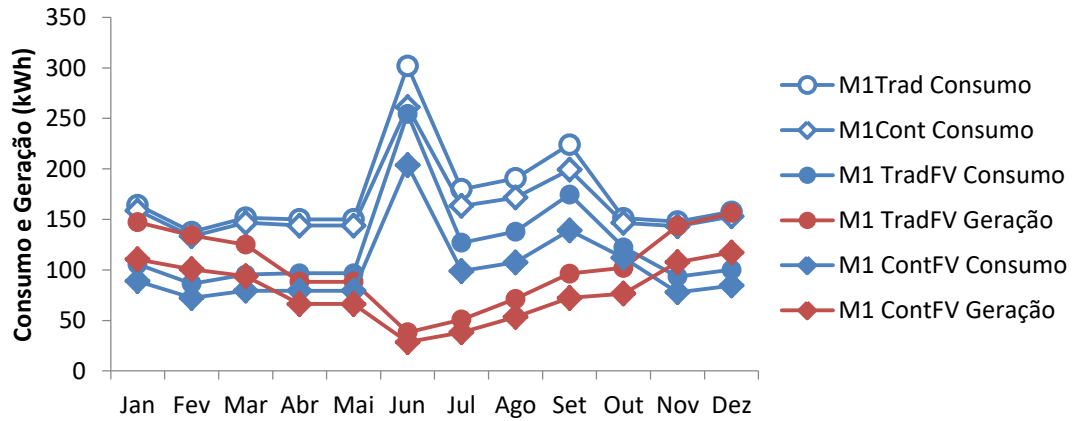
Após realizar as simulações e a aplicação das tarifas, considerando os casos supracitados na metodologia, apresentam-se, inicialmente os resultados em uma comparação de consumo e geração sem tarifação. E posteriormente os resultados já tarifados, para a identificação de quais os casos economicamente mais vantajosos para o consumidor.

4.3.1. Consumo e Geração

Após a simulação, foi possível observar a variação do consumo mês a mês para os casos com e sem os sistemas fotovoltaicos. Os consumos e geração dos Modelos de Habitação 1 e 7 são apresentados para as três cidades nas figuras 35 a 40. Também foi possível observar que devido ao modo de vida se repetir nas três localidades, e com isso os padrões de uso e ocupação não se modificarem, os meses com maior consumo foram aqueles com maior uso do sistema de condicionamento artificial, seja para aquecimento ou resfriamento, como mostrado nas Figuras 35 e 36 para o sistema de aquecimento em Bento Gonçalves, e nas Figuras 39 e 40 para o sistema de resfriamento do ar em Belém. Em contraste, o clima ameno de São Paulo das Figuras 37 e 38 apresentam consumo elevado devido ao sistema de aquecimento de água, que inexistente nas curvas referentes às habitações com sistema FV. Nestas, pode-se observar um pico em Janeiro, onde o chuveiro elétrico foi usado por 15 dias.

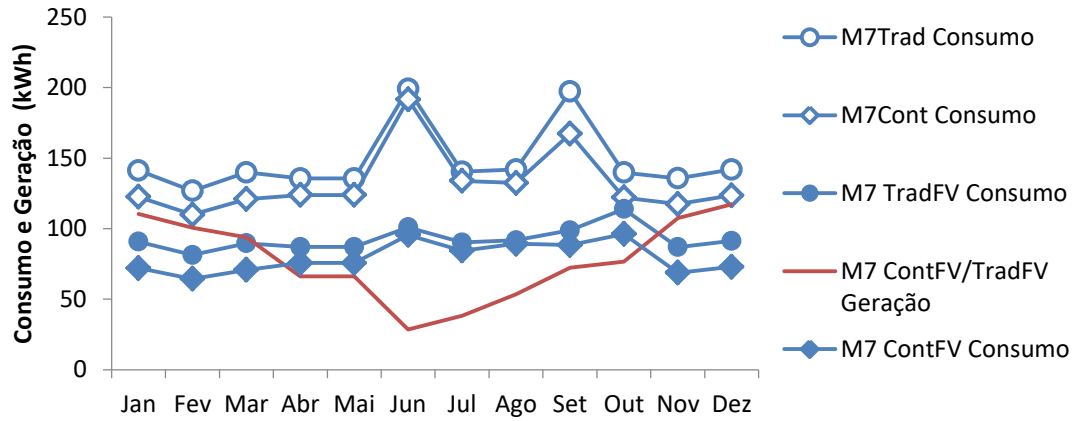
O balanço pela geração fotovoltaica é, em geral, próximo ao consumo em quase todos os modelos, devido à opção de dimensionamento, com exceção do período de junho a setembro de Bento Gonçalves, devido ao aquecimento ambiental (Figuras 35 e 36).

Figura 31 – Consumo e Geração mensal do Modelo 1 em Bento Gonçalves.



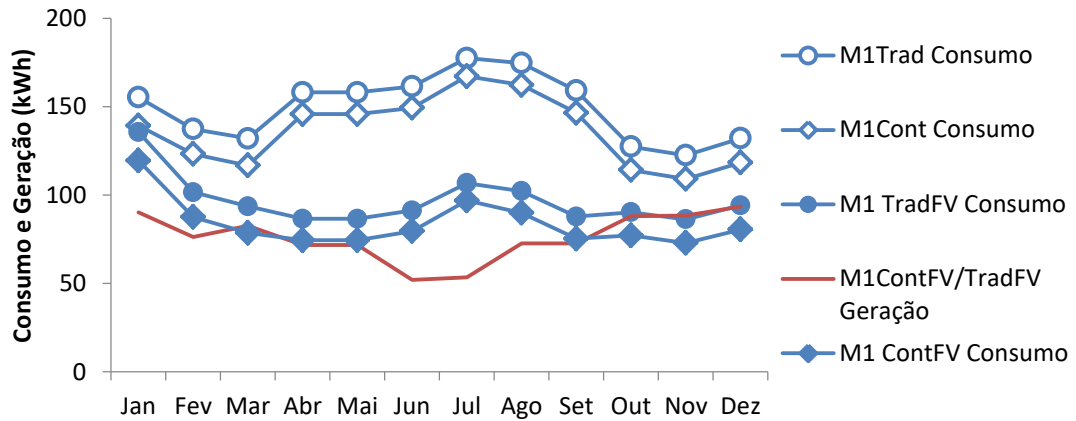
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 32 - Consumo e Geração mensal do Modelo 7 em Bento Gonçalves.



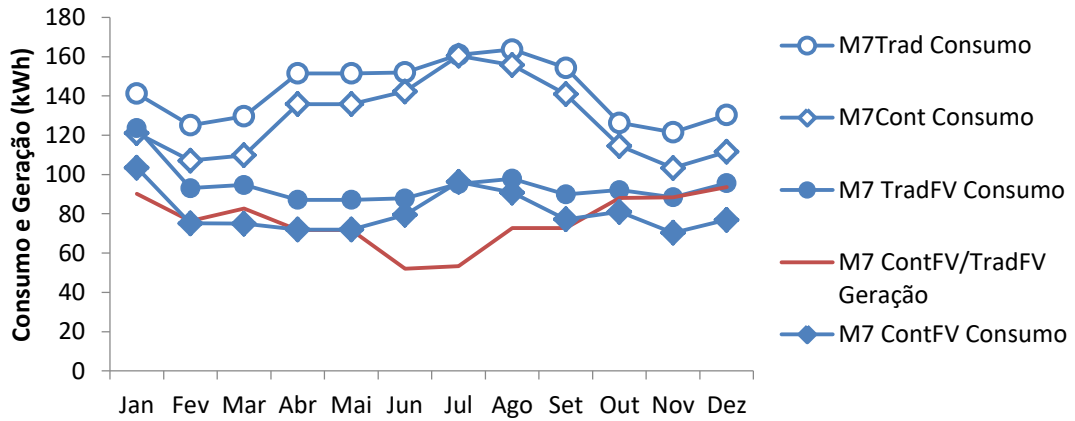
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 33 - Consumo e Geração mensal do Modelo 1 em São Paulo.



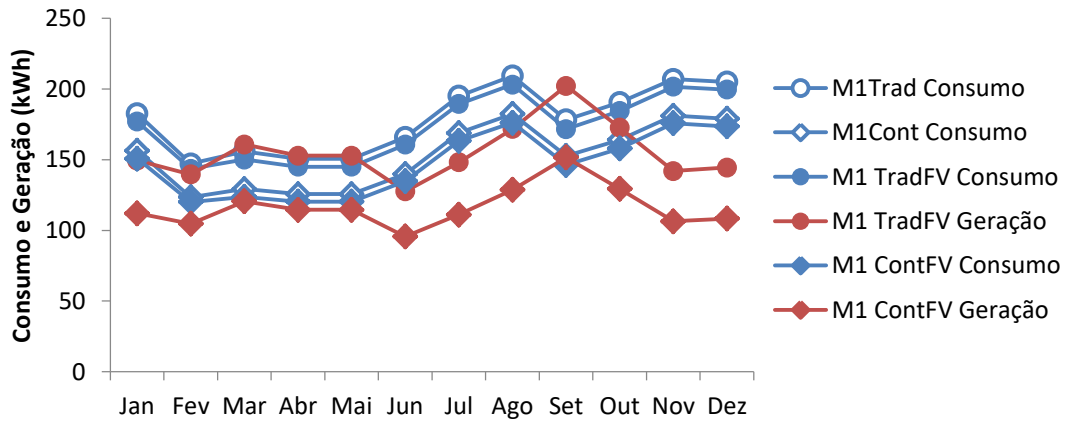
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 34 - Consumo e Geração mensal do Modelo 7 em São Paulo.



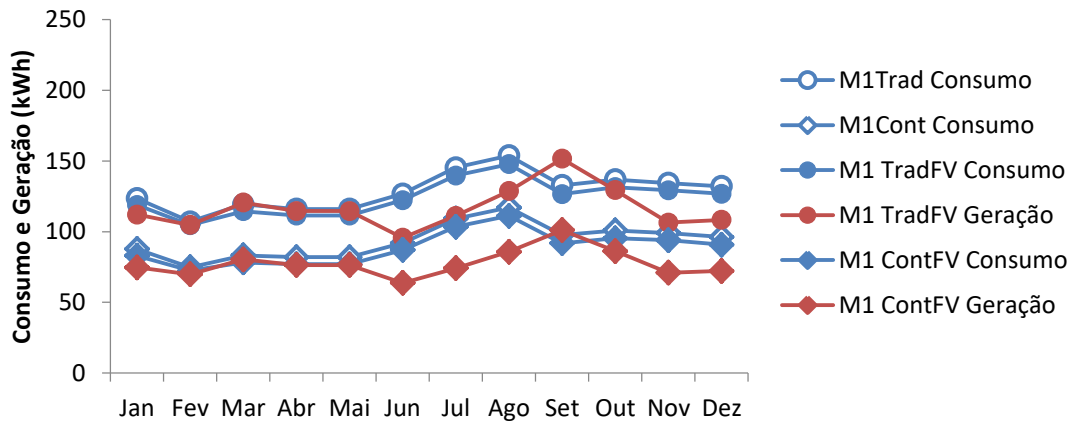
Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 35 – Consumo e Geração mensal do Modelo 1 em Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 36 - Consumo e Geração mensal do Modelo 7 em Belém.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Outra observação a ser feita é que, como mostrado na Tabela 13 alguns Modelos não tiveram diferenças no número de módulos FV quando variado o modo de vida, gerando apenas uma linha correspondente a geração, como pode ser visto nos casos do Modelo 7 em Bento Gonçalves (Figura 36), e Modelos 1 e

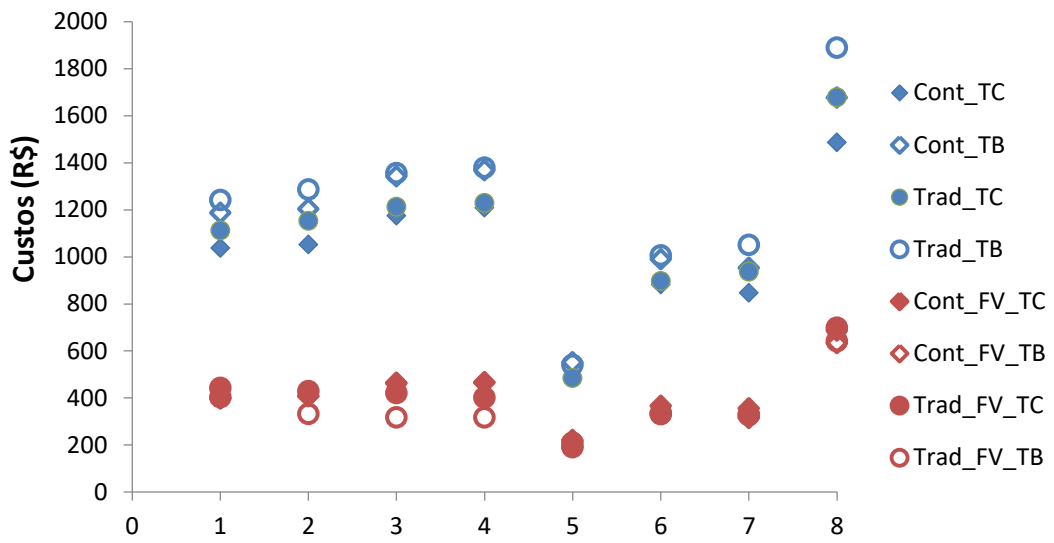
7 em São Paulo (Figuras 37 e 38). Já nos casos do Modelo 1 em Bento Gonçalves (Figura 35), e dos Modelos 1 e 7 em Belém (Figuras 39 e 40) aparecem duas linhas de geração pois nestes casos o número de Módulos foi diferente para atender a demanda dos modos Tradicional e Contemporâneo.

4.3.2. Custo de energia elétrica

A tarifação em todos os modelos permitiu identificar que, para todos os casos sem sistema fotovoltaico, a Tarifa Convencional foi a mais benéfica do ponto de vista financeiro, visto que tanto no modo Tradicional quanto no Contemporâneo o pico de consumo se concentra exatamente nos horários dos postos, intermediário e de ponta da Tarifa Branca (Figuras 41, 42 e 43).

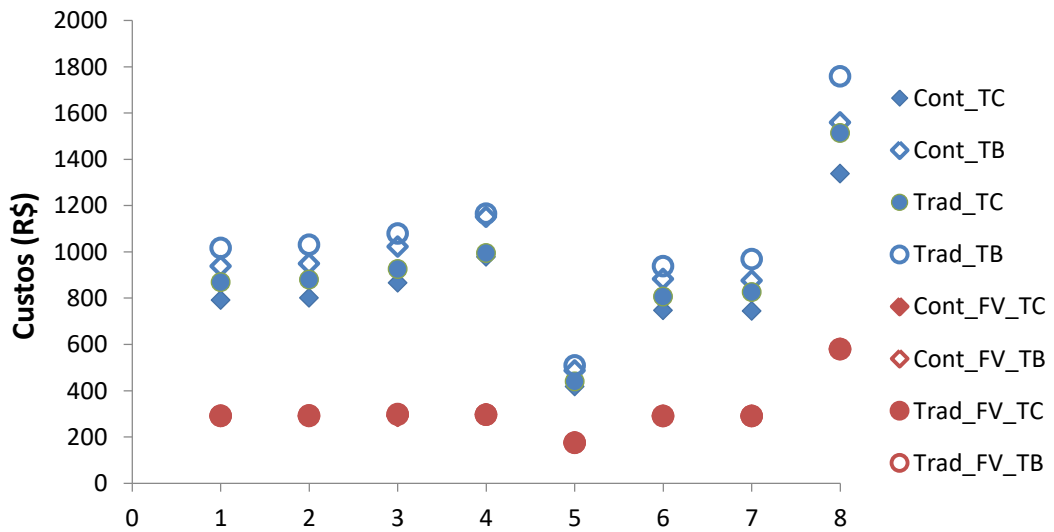
Já para os casos com sistema fotovoltaico, os resultados tiveram mudanças de acordo com a localidade. Em Bento Gonçalves, a Tarifa Branca foi economicamente mais vantajosa em cinco dos oito modelos, devido à demanda de energia no período de frio. Nos casos de São Paulo, as duas modalidades tarifárias tiveram os custos finais de energia iguais ou muito próximos, devido à aplicação da taxa de disponibilidade mensal, que é cotada a partir de um preço único independente da modalidade, conforme Resolução Normativa nº 733 (AGÊNCIA..., 2016b). Ou seja, a geração fotovoltaica atendeu à demanda das habitações e o preço mínimo referente à taxa de disponibilidade foi aplicado. Outros casos como estes foram também identificados em Bento Gonçalves e Belém, porém em menor número. No entanto, em Belém, a Tarifa Convencional foi mais benéfica em seis modelos, devido ao pico de consumo no horário de ponta ser ocasionado pelo ar condicionado, enquanto em outras localidades ele era ocasionado pelo chuveiro elétrico, que foi eliminado das habitações com FV. Assim, o pico de consumo das habitações com FV em Belém não se alterou com a inserção do sistema FV, pois sua principal causa não foi eliminada, como nas duas outras localidades. Além disso, a diferença de preço da energia na Tarifa Convencional para do posto de ponta da Tarifa Branca em Belém (R\$ 0,70) é quase o dobro da de Bento Gonçalves (R\$ 0,40) e São Paulo (R\$ 0,40).

Figura 37 - Custo anual de energia elétrica para os modelos em Bento Gonçalves, aplicadas as Tarifas Convencional (TC) e Branca (TB).



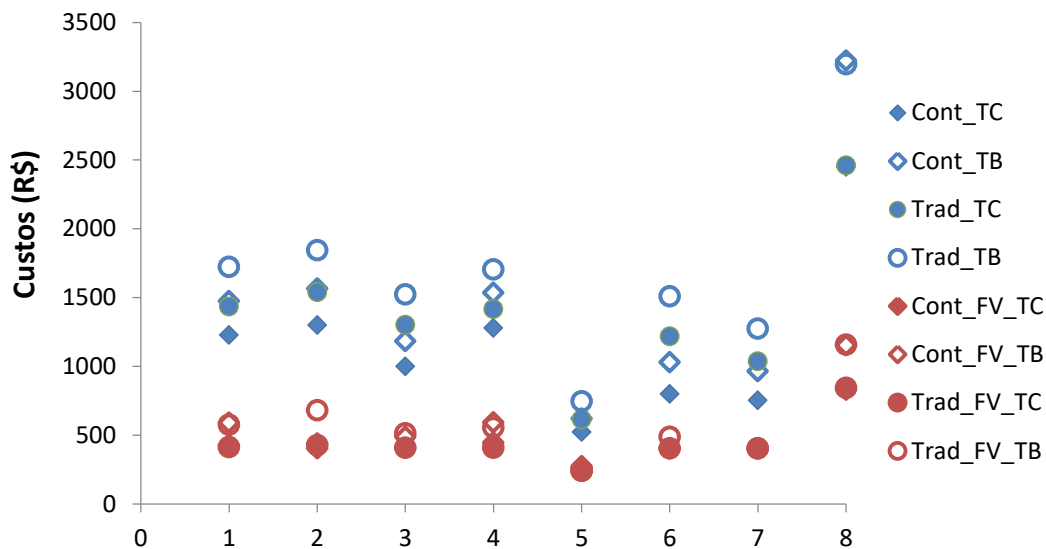
Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 38 - Custo anual de energia elétrica para os modelos em São Paulo, aplicadas as Tarifas Convencional (TC) e Branca (TB).



Fonte: Elaborada pelo autor.

Figura 39 - Custo anual de energia elétrica para os modelos em Belém, aplicadas as Tarifas Convencional (TC) e Branca (TC).



Fonte: Elaborada pelo autor

Assim, a adesão à Tarifa Branca em habitações sem sistema fotovoltaico gerou aumento de 12,7%, 17,1%, 23,4% em Bento Gonçalves, São Paulo e Belém respectivamente. Este aumento destaca a necessidade da mudança dos hábitos de consumo, mesmo no modo de vida contemporâneo, a fim de reduzir o uso da energia nos horários de pico. Já nos casos com geração fotovoltaica, somente a inclusão do sistema FV com eliminação do aquecimento elétrico de água, ou seja, apenas comparando diretamente o mesmo caso com e sem geração FV, foram observadas economias financeiras anuais médias em Bento Gonçalves de 35,6%, em São Paulo de 33,4% e em Belém de 35,5%. Ao ser analisados frente às modalidades tarifárias, estes casos foram majoritariamente mais benéficos com adoção da Tarifa Convencional. No entanto, foi possível observar casos em São Paulo com os custos próximos. Por fim, a Tarifa branca foi mais benéfica do que a Convencional na maioria dos casos em Bento Gonçalves, porém, com economias anuais mínimas de R\$ 1,70 até máximas de R\$ 104,00, o que pode ser considerado uma economia muito pequena dependendo do perfil familiar. Portanto, é importante destacar que não foram necessárias mudanças nos hábitos de consumo em Bento Gonçalves, e foram detectados casos onde a Tarifa branca gerou custos iguais à Convencional, ou até mesmo foi mais benéfica. Nesses casos, se o usuário se dispõe a mudar seus hábitos, ele pode obter maiores economias. Na tabela 16 são apresentadas as diferenças entre os custos de energia para os dois regimes tarifários.

Tabela 15 - Custos anuais de energia (R\$) e médias das diferenças em cada modelo.

Bento Gonçalves				
		Convencional	Branca	Dif. (TC-TB)
Sem FV	Máx.	1678,15	1887,98	-55,65
	Méd.	1054,34	1188,08	-133,74
	Mín.	484,24	540,20	-209,82
	Desvio P.	310,20	349,61	40,56
Com FV	Máx.	697,89	641,35	104,52
	Méd.	414,09	378,76	35,33
	Mín.	209,76	189,93	-3,09
	Desvio P.	131,39	127,18	35,52
São Paulo				
		Convencional	Branca	Dif. (TC-TB)
Sem FV	Máx.	1513,58	1758,62	-68,34
	Méd.	871,37	1020,75	-149,38
	Mín.	418,34	486,68	-245,03
	Desvio P.	270,83	314,63	44,24
Com FV	Máx.	580,36	580,36	3,56
	Méd.	313,96	313,34	0,62
	Mín.	175,72	174,11	-1,50
	Desvio P.	111,26	111,64	1,38
Belém				
		Convencional	Branca	Dif. (TC-TB)
Sem FV	Máx.	2460,90	3221,01	-98,06
	Méd.	1271,72	1569,09	-297,36
	Mín.	522,26	620,32	-772,27
	Desvio P.	550,04	729,37	187,08
Com FV	Máx.	843,78	1156,71	0,00
	Méd.	445,10	559,44	-114,34
	Mín.	241,55	241,55	-324,01
	Desvio P.	162,59	259,46	109,78

Fonte: Elaborado pelo autor.

Nos casos onde a Tarifa Branca cumpre o seu propósito, é importante destacar que o pico de consumo nos postos mais caros foi eliminado, com a substituição do sistema elétrico de aquecimento de água por outro, como solar ou a gás, sem comprometimento do conforto residencial, ou dos hábitos. Porém, nos outros casos, foi observado que, somente com a substituição do sistema elétrico de aquecimento de água, a adoção da Tarifa Branca não traz benefícios ao consumidor, sem que seus hábitos sejam comprometidos. Esta última condição poderá interferir no conforto do usuário em sua residência.

4.4 CONCLUSÃO

Este capítulo apresentou uma análise do impacto da geração distribuída fotovoltaica e da Tarifa Branca no custo da energia elétrica para usuários do setor residencial a partir da simulação de modelos de unidades habitacionais com usuários com modos de vida contemporâneo e tradicional. O estudo gerou um total de 96 modelos simulados onde foram aplicadas as duas modalidades tarifárias, Convencional e Branca, contabilizando 196 casos analisados.

A adoção de kits fotovoltaicos se mostrou viável para alcançar o consumo mínimo referente à taxa de disponibilidade do sistema, embora muitos casos não apresentaram excedente de geração para acúmulo de créditos de energia nos meses subsequentes. Contudo é importante destacar que na maioria dos casos com uso do sistema fotovoltaico, se mostra indiferente qual a opção de regime tarifário, visto que na maioria dos meses a cobrança é do custo de disponibilidade que é baseado no preço da Tarifa Convencional, gerando assim custos muito próximos, ou iguais. Já o sistema de aquecimento solar mostrou ter impacto direto nos resultados quanto aos regimes, pois com a substituição do sistema, nos locais onde o chuveiro elétrico era o maior responsável pelo pico no horário de ponta, o regime financeiramente mais econômico passou a ser a Tarifa Branca.

A análise das modalidades tarifárias mostrou que a Tarifa Branca é inviável nas habitações sem sistema fotovoltaico em todos os três climas analisados, porém com variações em relação ao modo de vida tradicional ou contemporâneo e no modelo de habitação. Em contraste, as habitações com sistemas fotovoltaicos apresentaram variações de acordo com o clima. Em Bento Gonçalves, onde a demanda por aquecimento de água é maior, a Tarifa Convencional foi mais benéfica. Deve-se lembrar que estes modelos tiveram chuveiros elétricos substituídos por sistema alternativo, como solar ou a gás. Em São Paulo, não houve diferenças de custos de acordo com a tarifa, pois o sistema fotovoltaico supriu o consumo até o mínimo necessário para aplicação da taxa de disponibilidade do sistema. Em Belém, onde o aquecimento de água é menor e a demanda pelo condicionamento ambiental é maior, a substituição do chuveiro elétrico por um outro sistema de aquecimento de água não foi impactante. Assim, o uso da energia o dia todo, o que incluiu o horário de ponta, não beneficiou a adoção da Tarifa Branca em seis dos oito modelos de habitação

analisados.

Os resultados mostraram como o tipo de condicionamento ambiental ou de água, impactam os benefícios decorrentes da modalidade tarifária conforme o uso da habitação. Por consequência, mostraram como o clima impacta os benefícios desta escolha. Em diversos casos, a adoção de um sistema fotovoltaico alterou os benefícios decorrentes da modalidade tarifária devido à geração de energia combinada à substituição do chuveiro elétrico, enquanto em outros o consumo mínimo referente à taxa de disponibilidade igualou as possibilidades. Ainda, a pequena demanda de aquecimento de água levou a outro cenário cujo uso final de condicionamento ambiental determinou os benefícios decorrentes da adoção da Tarifa Branca, devido ao uso do ar condicionado nos postos Intermediário e de Ponta.

Deve-se destacar que estes casos foram analisados com hábitos de consumo típicos, sejam Tradicionais ou Contemporâneo e, portanto, sem a mudança nos hábitos. Ao contrário, estes resultados apontam que em alguns casos tal mudança é desnecessária para adoção da Tarifa Branca, e que esta seja benéfica, porém demonstra que, caso haja a mudança, há potencial para maior economia dos gastos com a energia.

4.5 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2010). **Resolução Normativa nº. 414 de 2010**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/bren2010414.pdf>> . Acesso em 25 de novembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2015). **Resolução Normativa nº. 687 de 2015**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687>> .pdf. Acesso em 14 de julho de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2016a). **Cadernos Temáticos ANEEL Micro e Minigeração Distribuída Sistema de Compensação de Energia Elétrica**. Brasília. Disponível em <<http://www.aneel.gov.br/documents/656835/14876406/caderno-tematico-microeminigeracao.pdf/0c3a4422-a3f2-4b53-8572-af079ef5a71a>> . Acesso em 17 de agosto de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2016b). **Resolução Normativa nº. 733 de 2016**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2016733.pdf>> . Acesso em 14 de julho de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2018a). **Resolução Homologatória nº. 2401 de 2018**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182401ti.pdf>>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2018e). **Resolução Homologatória nº. 2380 de 2018**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182380ti.pdf>>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL (2018f). **Resolução Homologatória nº. 2433 de 2018**. Brasília. Disponível em <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20182433ti.pdf>>. Acesso em 24 de setembro de 2018.

DRUDE, L.; PEREIRA JUNIOR, L.C.; RÜTHER, R. Photovoltaics (PV) and electric vehicle to-grid (V2G) strategies for peak demand reduction in urban regions in Brazil in a smart grid environment. **Renewable Energy**, v. 68, p. 443–451, 2014.

FINOTTI, A. S.; ALMEIDA, M. P.; ZILLES, R. Simulação Do Uso De Baterias Adotando A Tarifa Branca Para Microgeração Fotovoltaica De Classe Residencial. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. **Anais...** Gramado, 2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, 2010a. Disponível em <<http://www.pbeedifica.com.br/sites/default/files/projetos/etiquetagem/residencial/downloads/RTQR.pdf>>. Acesso em 02/07/2018.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais Climatológicas Do Brasil, ano base 2010b. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>>. Acesso em 09 de novembro de 2018.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Solar leads the charge in another record year for renewables. Disponível em <<https://www.iea.org/renewables/>> . Acesso em 14 de setembro de 2018.

JANNUZZI, G. M.; MELO, C. A. Grid-connected photovoltaic in Brazil: Policies and potential impacts for 2030. **Energy for Sustainable Development.** v. 17, p. 40-46, 2013.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA BRASILEIRO. Novos empreendimentos solares devem gerar investimentos de R\$ 8 bilhões. Disponível em http://www.mme.gov.br/web/guest/pagina-inicial/outras-noticias/-/asset_publisher/32hLrOzMKwWb/content/novos-empreendimentos-solares-devem-gerar-investimento-de-r-8-bilhoes. Acesso em 13 de setembro de 2018.

MIRANDA, R. F. C.; SZKLO, A.; SCHAEFFER, R. Sistemas Fotovoltaicos Acoplados A Baterias No Setor Residencial Sob O Âmbito Da Tarifa Branca De Energia. V Congresso Brasileiro de Energia Solar. **Anais...** Recife, 2014.

PONCE-JARA, M.A.; RUIZ, E.; GIL, R.; SANCRISTÓBAL, E.; PÉREZ-MOLINA, C.; CASTRO, M. Smart Grid: Assessment of the past and present in developed and developing countries. **Energy Strategy Reviews**, v. 18, p. 38-52, 2017.

VASCONCELLOS, L.E.M.; LIMBERGER, M.A.C. (Org.). **Energia solar para aquecimento de água no Brasil: contribuições da Eletrobrás Procel e parceiros.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012.

REN21 - Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. Renewables 2017 Global Status Report. Disponível em <<http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report/renewables-2017-global-status-report/renewables-2017-global-status-report-infographics/>>. Acesso em 13 de setembro de 2018.

RODRIGUES, T. T.; CARLO, J. C. Modelagem térmica de fotovoltaicos semitransparentes: impactos na eficiência da célula e no desempenho da zona. **PARC - Pesquisa em Arquitetura e Construção.** v.9, n.4. p.305-318. 2018.

SANTOS, I. P.; RÜTHER, R. The potential of building-integrated (BIPV) and building-applied photovoltaics (BAPV) in single-family, urban residences at low latitudes in Brazil. **Energy and Buildings.** v.50, p. 290-297, 2012.

SORGATO, M. J. **Desempenho térmico de edificações residenciais unifamiliares ventiladas naturalmente.** Dissertação (Mestrado). Centro Tecnológico – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SOUTO, O. C. N.; SILVA, S. B.; VIAJANTE, G. P.; SOUZA, D. M.; AMARAL, J. F. S. Análise Econômica De Sistemas Fotovoltaicos Conectados À Rede Considerando A Tarifa Branca E Ações De Eficiência Energética Para Consumidores Residenciais Utilizando Homer Pro Energy. VII Congresso Brasileiro de Energia Solar. **Anais...** Gramado, 2018.

TEIXEIRA, C. A.; INVIDIATA, A.; SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; FOSSATI, M. LAMBERTS, R. **Levantamento das características de edifícios residenciais brasileiros.** Relatório Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações-CB3E, Florianópolis, 2015.

TELLES, C. P. **Proposta de simplificação do RTQ-R.** Dissertação (Mestrado). Centro de ciências Exatas e Tecnológicas, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2016.

TENFEN, D.; LEMOS, F. A. B.; FERNANDES, R. C.; DECKER, I. C. Microgrids and Microgeneration in Brazilian Energy Market: a Discussion of Regulatory and Commercial Aspects. The 9th Latin-American Congress On Electricity Generation And Transmission. **Anais...** Chile, 2013.

VIANA, M. S.; MANASSERO JUNIOR, G.; UDAETA, M. E. M. Analysis of demand response and photovoltaic distributed generation as resources for power utility planning. **Applied Energy**. v. 217, p. 456-466, 2018.

ZOMER, Clarissa Debiazi. Usina Solar Fotovoltaica Integrada A Uma Edificação Urbana: O Maior Gerador Solar Do Hemisfério Sul. In: Instituto Ideal. (Org.). **Eco-Lógicas: renovar é pensar diferente**. 1ed. Florianópolis: , 2008, v. , p. 91-106.

CAPÍTULO 5: CONCLUSÃO GERAL

Esta dissertação teve como objetivo avaliar o impacto da inserção de sistemas de condicionamento artificial e de geração distribuída fotovoltaica, no consumo energético de unidades habitacionais, em três localidades, além de avaliar a viabilidade de troca do regime tarifário, com a recente opção para o setor residencial, a Tarifa Branca. Buscou-se estabelecer, a partir de modelos de habitação, cenários de usuários com diferentes modos de vida, tradicional e contemporâneo, e em diferentes localidades. A calibração do consumo para simulação no programa *Energy Plus 8.7*, permitiu estabelecer consumos próximos dos reais do setor residencial, e assim analisar tanto o impacto das tecnologias quanto da viabilidade do novo regime tarifário.

No Capítulo 2, uma abordagem descendente (*top-down*) foi usada para avaliar perfis de consumo típicos do setor residencial a fim de compreender seu consumo e como este se comporta em diferentes localidades, para fosse realizada avaliação da viabilidade econômica da mudança da Tarifa Convencional para a Tarifa Branca. Foi possível observar que, se fosse aplicada de acordo com o primeiro molde proposto pelas concessionárias, a Tarifa Branca não cumpriria sua proposta de incentivar alteração dos hábitos de consumo. Na maioria dos casos estudados, a modalidade convencional foi mais benéfica. Foi também observado que devido a diferença entre o que ANEEL havia proposto e o que as concessionárias colocaram em prática para os preços dos postos da Tarifa Branca, o benefício gerado para o consumidor podia ser muito pequeno a ponto de não valer o esforço do usuário em mudar seus hábitos.

No Capítulo 3, o objetivo foi modelar o consumo de energia elétrica dos modelos de unidades habitacionais em três localidades São Paulo (ZB3), Bento Gonçalves (ZB1) e Belém (ZB8), cujos moradores com modos de vida aqui chamados Tradicional e Contemporâneo. As localidades foram escolhidas devido as diferentes características climáticas que impactam uso da energia e, conseqüentemente, o consumo. Portanto, foi realizada primeiramente a definição de perfis familiares e os padrões de uso e de ocupação inseridos na simulação do *Energyplus*. Posteriormente, a calibração destes consumos obtidos com dados levantados em outras bibliografias ajustou os consumos devido a equipamentos não previstos nos levantamentos. Com os resultados finais deste capítulo verificou-se que o consumo das famílias com modo de vida Tradicional é

maior do que aquelas com modo Contemporâneo, devido à ocupação diurna (8h às 18h) presente somente no primeiro. Também foi possível verificar que as diferenças de consumo entre Tradicional e Contemporâneo concentram-se mais nos usos finais de Lazer, Iluminação e Serviços Gerais. Enquanto as diferenças entre localidades concentram-se em Conforto ambiental, Aquecimento de água e Conservação de alimentos, devido às condições climáticas distintas das cidades estudadas. Os consumos horários e mensais serviram de base para os estudos no capítulo 4.

No Capítulo 4, foram adicionados aos modelos do capítulo anterior um sistema de geração fotovoltaica, e a substituição do sistema de aquecimento elétrico de água para aquecimento solar. Buscou-se modelar os casos para que uma abordagem ascendente (*bottom-up*) possibilitasse verificar se a mudança para o novo sistema de cobrança, a Tarifa Branca, iria beneficiar ou prejudicar as unidades consumidoras, dado o perfil de consumo residencial e a geração de energia fotovoltaica. Sendo assim, a análise mostrou que a Tarifa Branca é inviável nas habitações sem sistema fotovoltaico em todos os três climas analisados. Em contraste, as habitações com sistemas fotovoltaicos apresentaram variações de acordo com o clima. Em Bento Gonçalves, onde a demanda por aquecimento de água é maior, a Tarifa Convencional foi mais benéfica, já que o aquecimento elétrico foi eliminado. Em São Paulo, não houve diferenças de custos de acordo com a tarifa, pois o sistema fotovoltaico supriu o consumo até o mínimo necessário para aplicação da taxa de disponibilidade do sistema, que é igual nas duas modalidades. Em Belém, onde o aquecimento de água é menor e a demanda pelo condicionamento ambiental é maior, a substituição do chuveiro elétrico por um outro sistema de aquecimento de água não foi impactante e a Tarifa Convencional foi a melhor opção em todos os casos.

Tendo como base esses resultados, foi possível identificar primeiramente que os preços estabelecidos pelas concessionárias nas resoluções de 2017 eram totalmente inviáveis e que não trariam benefício algum para o consumidor mesmo quando este se dispusesse a mudar seus hábitos. Em contraste, os resultados do capítulo 4 mostraram que os preços aplicados já sinalizam que, caso o consumidor faça a mudança nos hábitos, ele pode obter economias financeiras, e que caberá a este avaliar se esta economia é o suficiente para valer a pena as mudanças que terão de ser feitas.

Quanto ao impacto das soluções, os resultados mostraram como o tipo de condicionamento ambiental ou da água impactam os benefícios decorrentes da modalidade tarifária conforme o uso da habitação. Por consequência, mostraram como o clima impacta os benefícios desta escolha. Em diversos casos como os de Bento Gonçalves e São Paulo, a adoção de um sistema fotovoltaico alterou os benefícios decorrentes da modalidade tarifária devido à geração de energia combinada à substituição do chuveiro elétrico, enquanto em outros o consumo mínimo referente à taxa de disponibilidade igualou as possibilidades. Ainda, a demanda de energia para condicionamento ambiental determinou a viabilidade da adoção da Tarifa Branca nas localidades, principalmente onde este uso apresenta seu pico justamente nos horários dos postos Intermediário e de Ponta, como nos casos de Belém, tornando assim a mudança do regime inviável para esse caso, sem que aja comprometimento do conforto dos usuários.

5.1 CONTRIBUIÇÃO DA PESQUISA

Neste trabalho, foram apresentados resultados de simulações de consumo e geração energética para modelos e usuários pré-definidos. A pesquisa aprofundou a investigação do impacto da geração distribuída e do novo regime tarifário no consumo energético residencial.

Os resultados encontrados são relevantes e ajudam o consumidor tomar decisões, sobre a geração fotovoltaica e qual a melhor opção tarifária disponível para casos que se assemelham ao consumidor. Os resultados podem estimular a adoção do sistema fotovoltaico mais que a adoção da tarifa branca, dependendo da sua curva de carga e onde está localizado o consumidor, e também podem contribuir no fomento e na revisão da viabilidade das políticas tarifárias.

5.2 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

As principais limitações deste trabalho estão ligadas ao número de casos que foram analisados, foram considerados apenas um tipo de perfil familiar de consumo para cada modelo de habitação. Além das condições de operação. Se houvesse outros perfis definidos para uma mesma unidade habitacional a curva de carga e os consumos obtidos poderiam ser diferentes. As simulações também foram realizadas em apenas três das oito zonas bioclimáticas, e um arquivo

climático por zona.

5.3 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

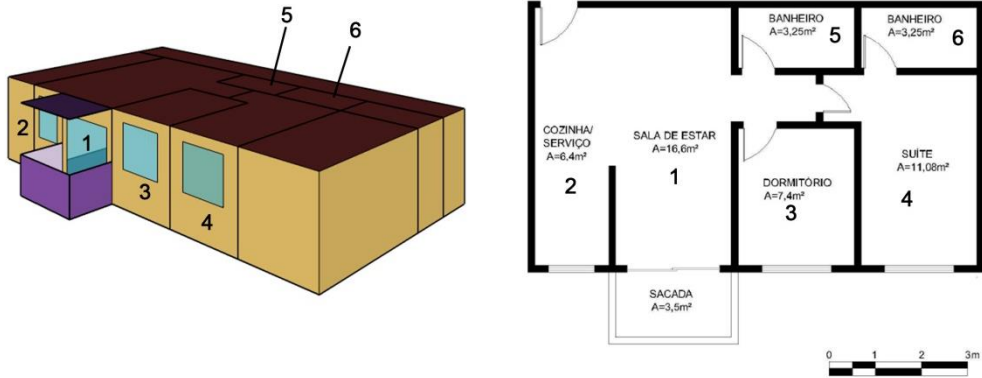
A partir dos resultados obtidos ao final desse trabalho, são sugeridas algumas recomendações de continuação para essa pesquisa:

- Investigar um maior número de cidades na ZB2, ZB4, ZB5, ZB6 e ZB7 visto que os resultados apresentaram variações de acordo com a localidade, tanto no consumo quanto na viabilidade da Tarifa Branca.
- Avaliar o consumo e a viabilidade do novo regime tarifário para outros modos de vida, e para usuários com um modo de vida adaptado a Tarifa Branca, já realizando o deslocamento do pico de consumo para horários do posto fora de ponta.
- Analisar estes resultados para casos com condicionamento ambiental natural, e com outros tipos de tecnologias como o aquecimento de água a gás.
- Continuar esta investigação da viabilidade econômica com um estudo de investimento financeiro do sistema fotovoltaico.
- Criar uma análise de incerteza quanto aos dados obtidos pelo método apresentado.
- Aplicar nos modelos o uso de baterias junto ao sistema fotovoltaico para que a energia gerada seja utilizada diretamente em outro posto de cobrança.

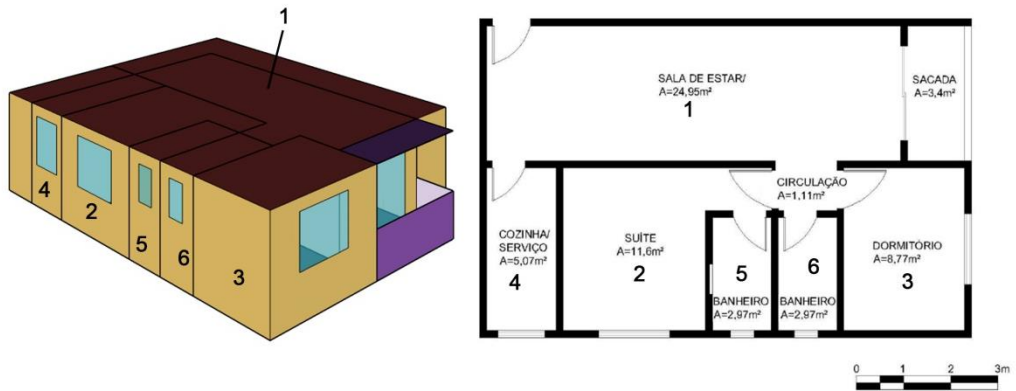
APÊNDICE

APÊNDICE A: PLANTA E VOLUMETRIA DOS OITO MODELOS

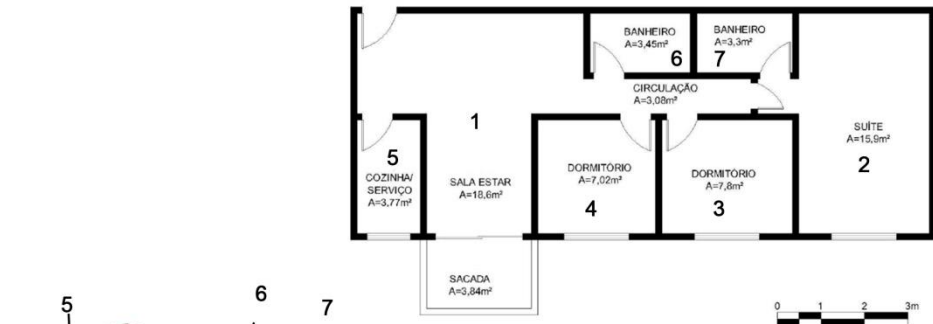
Modelo 1



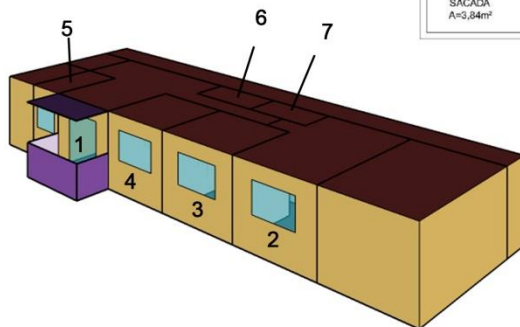
Modelo 2

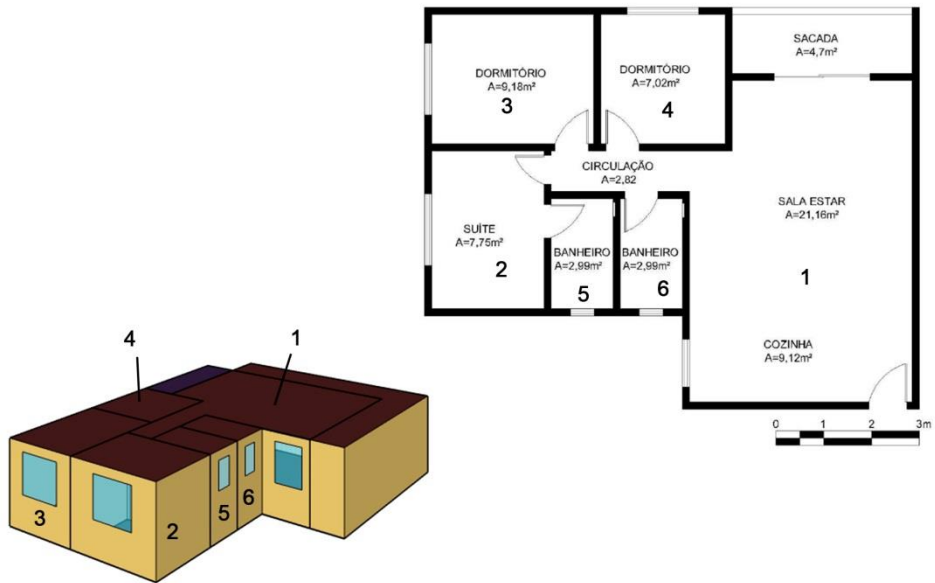


Modelo 3

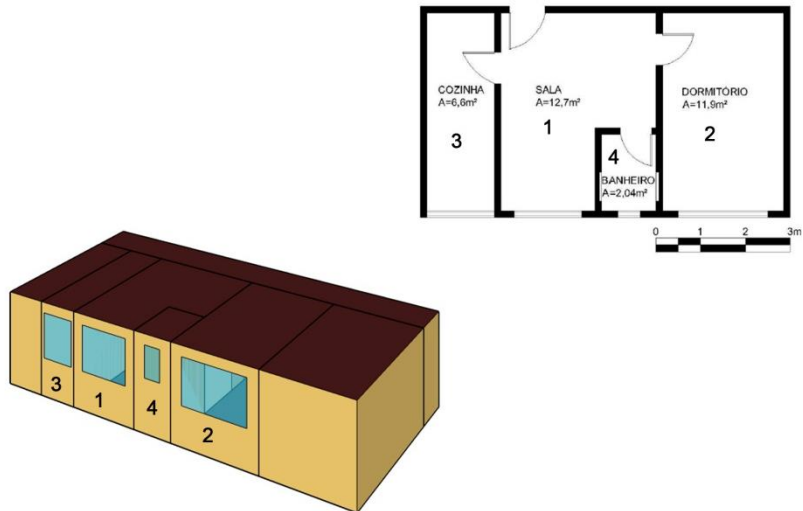


Modelo 4

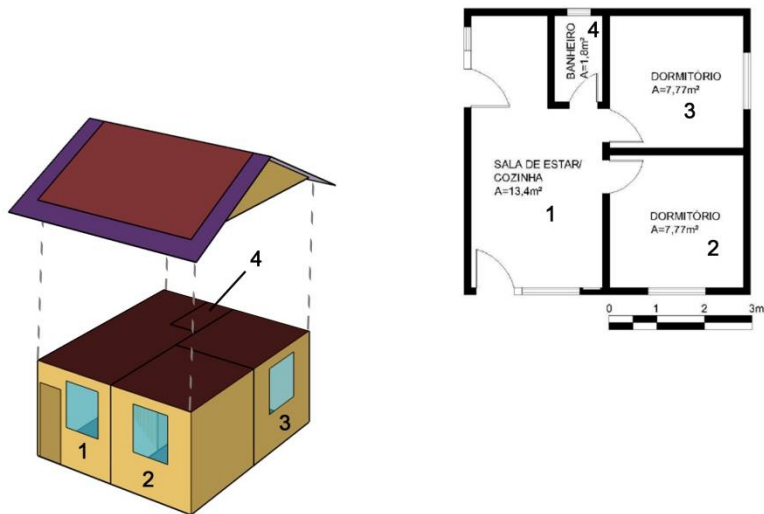




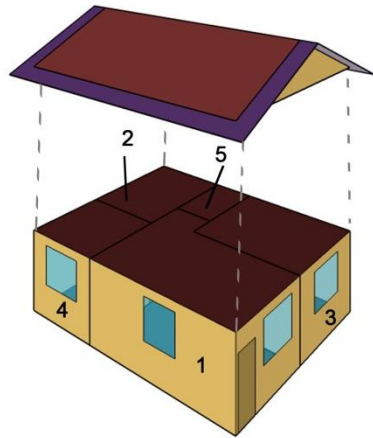
Modelo 5



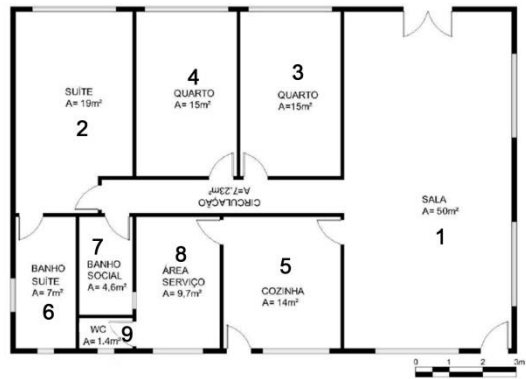
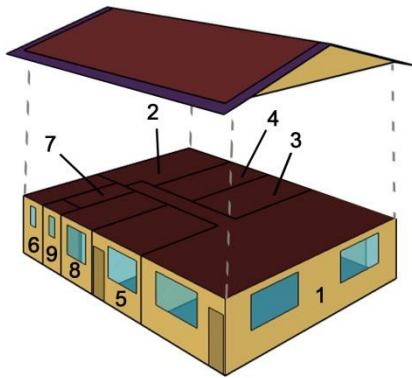
Modelo 6



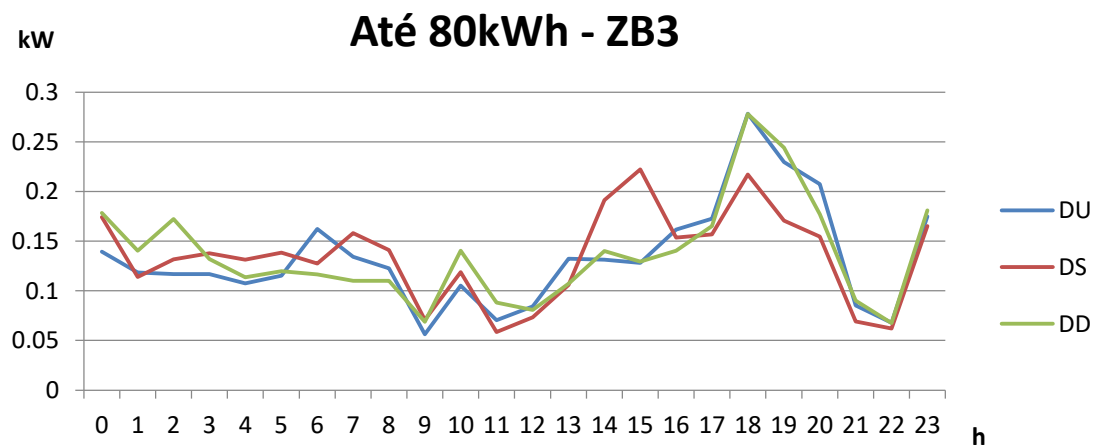
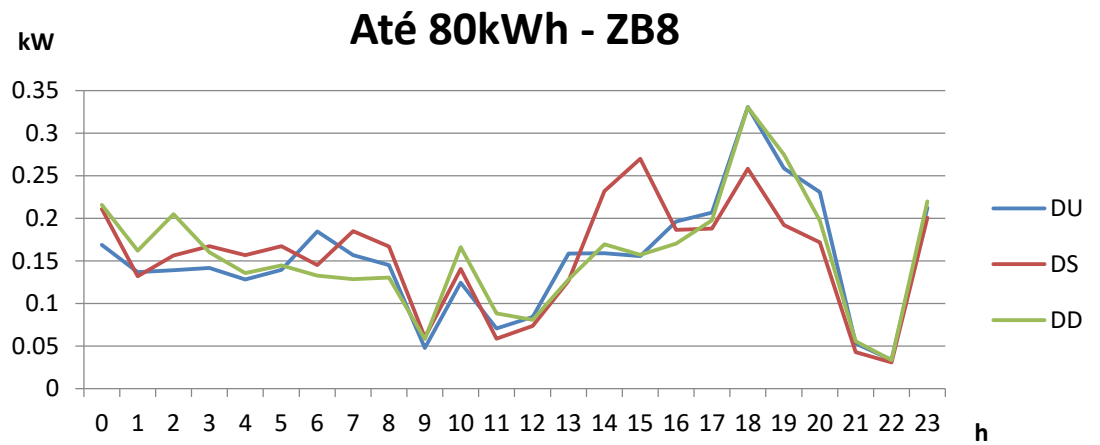
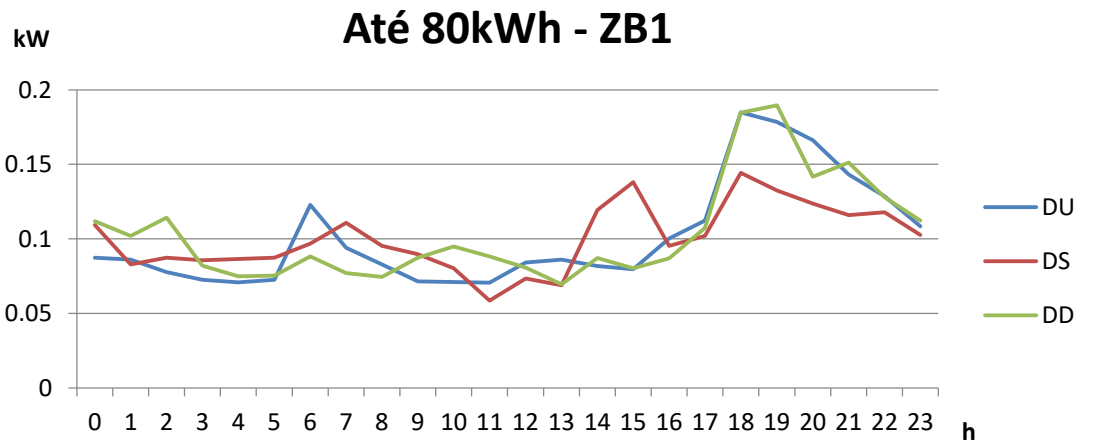
Modelo 7

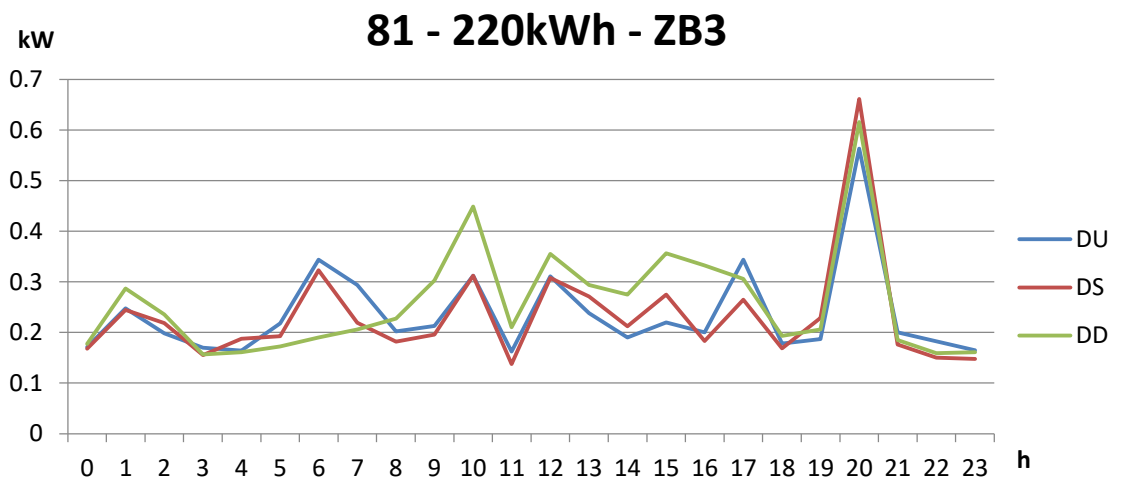
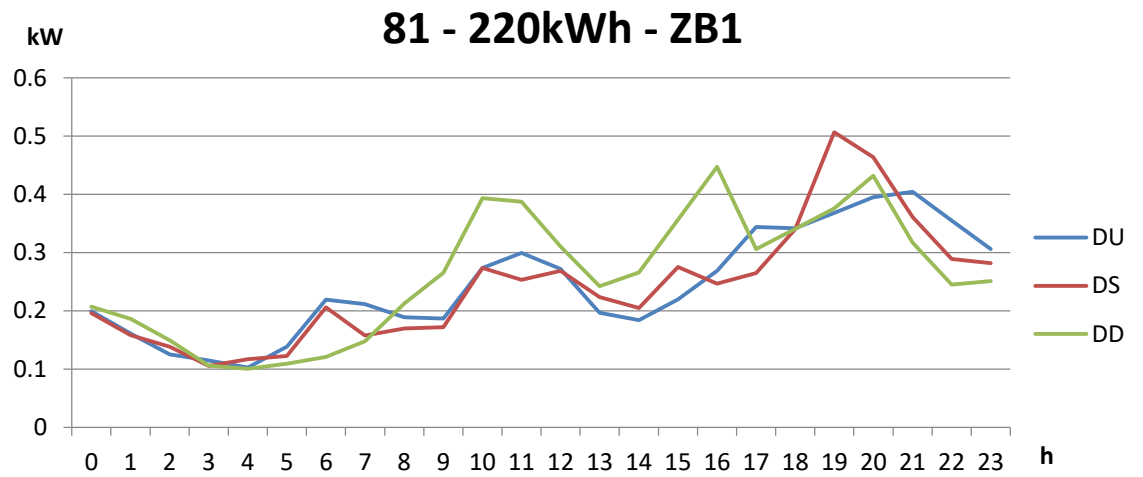
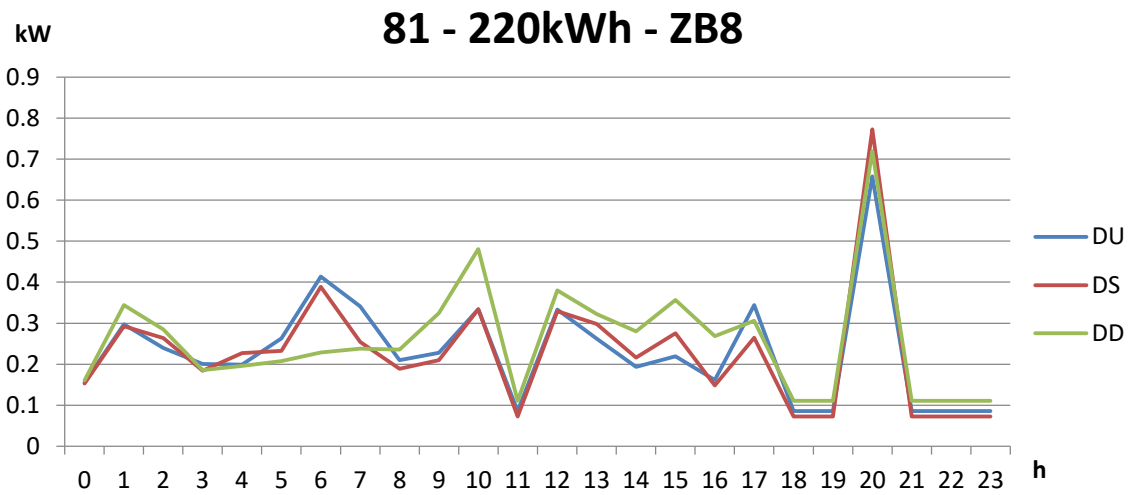


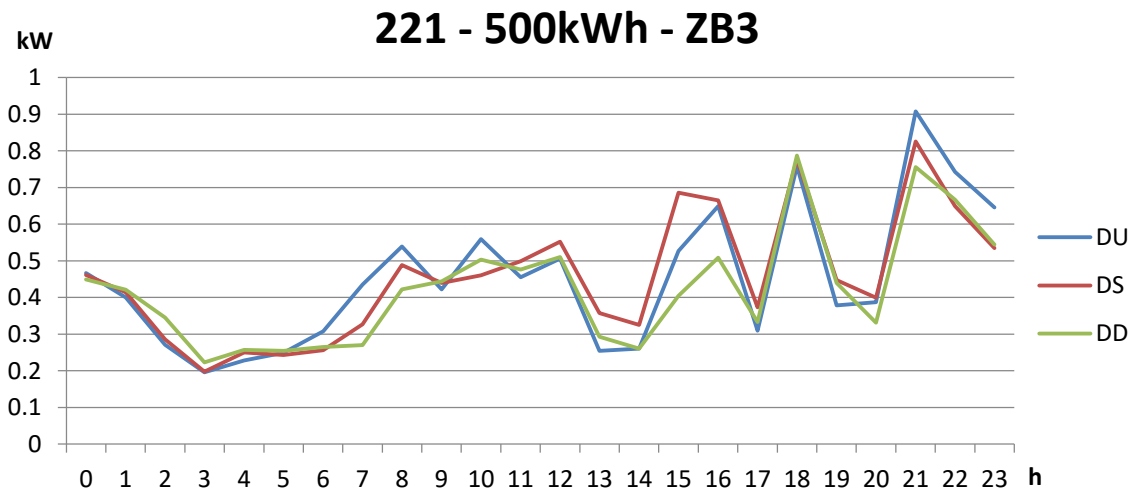
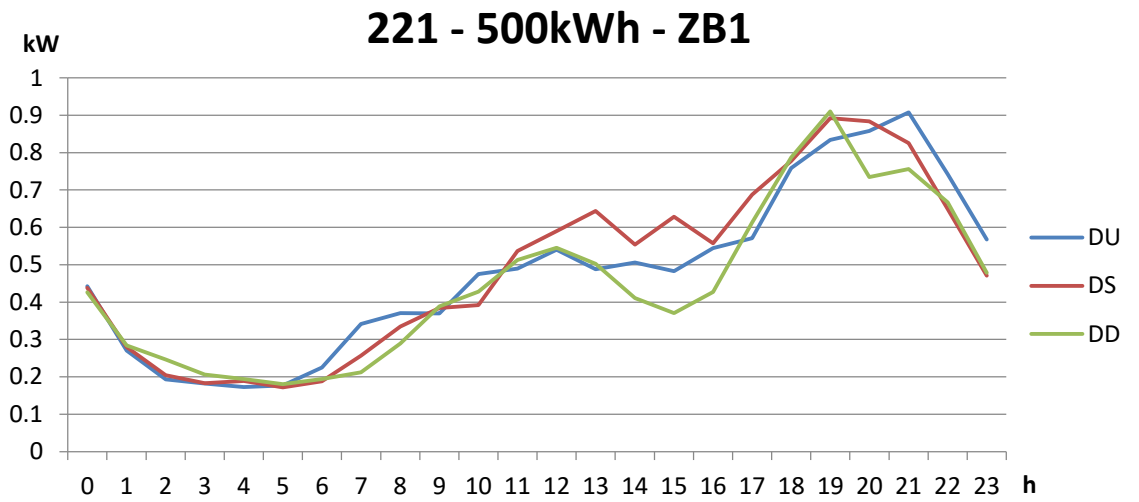
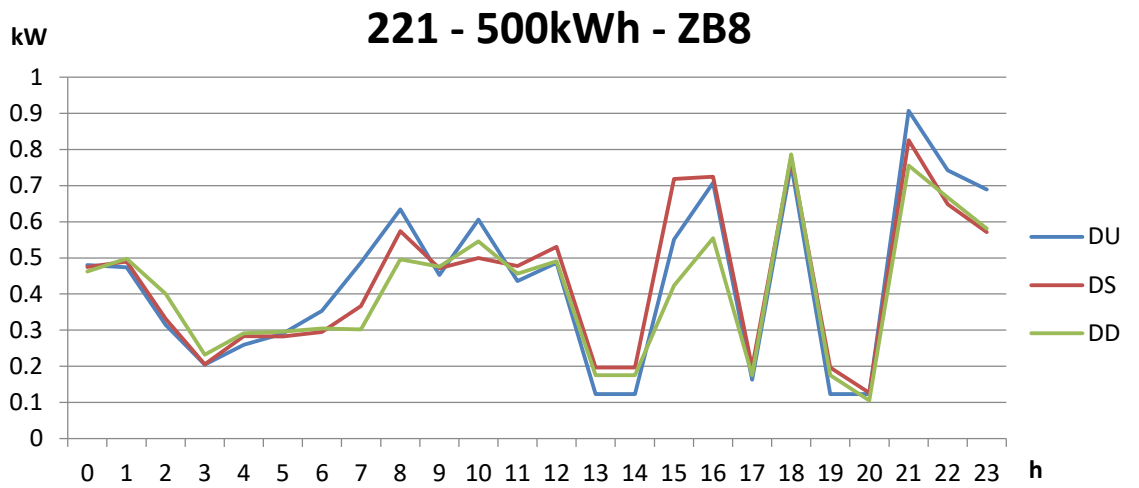
Modelo 8

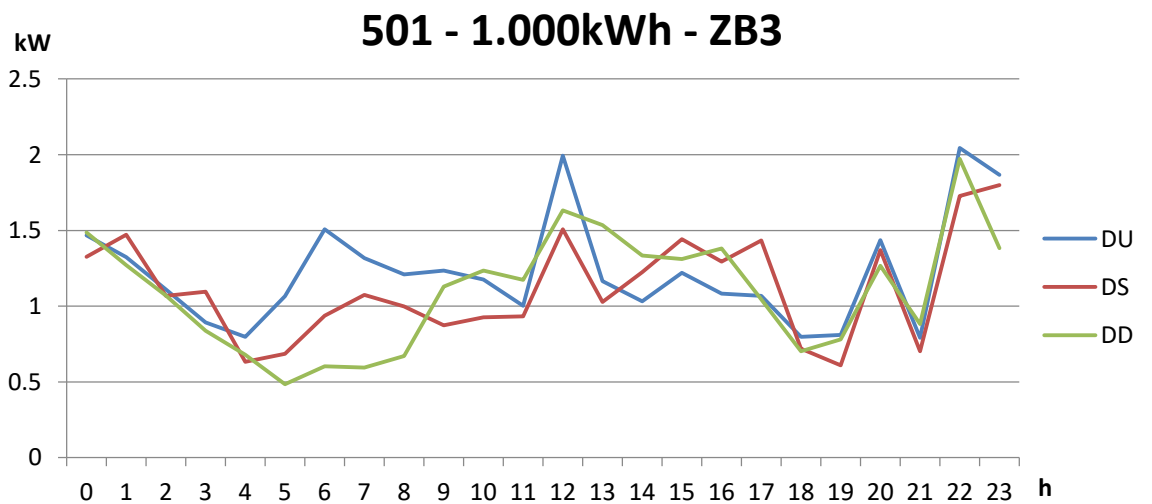
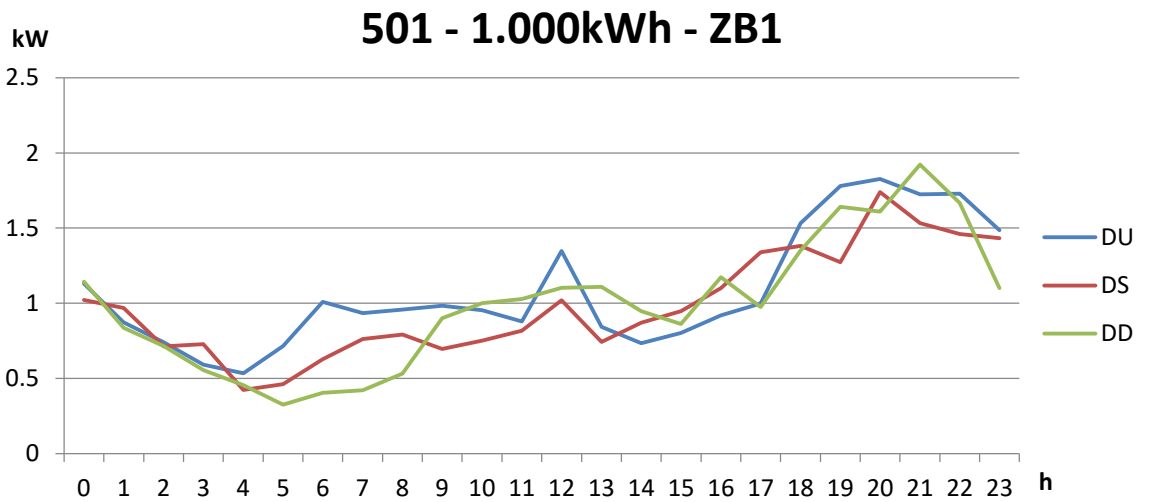
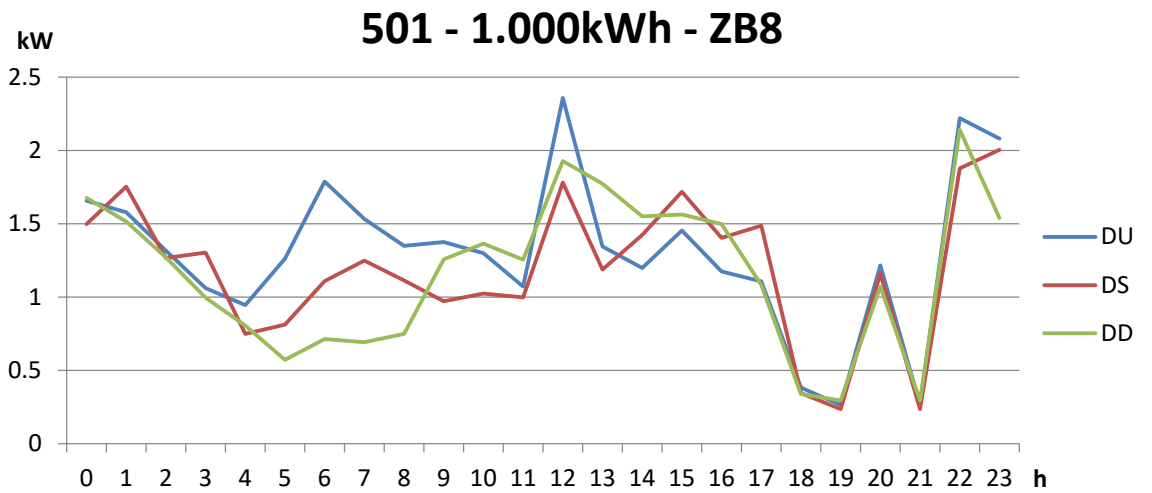


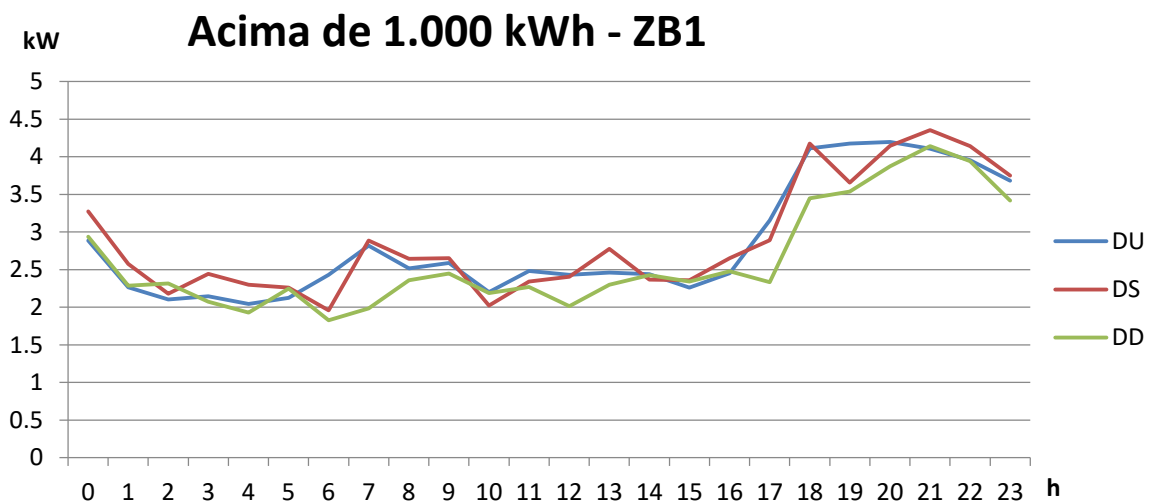
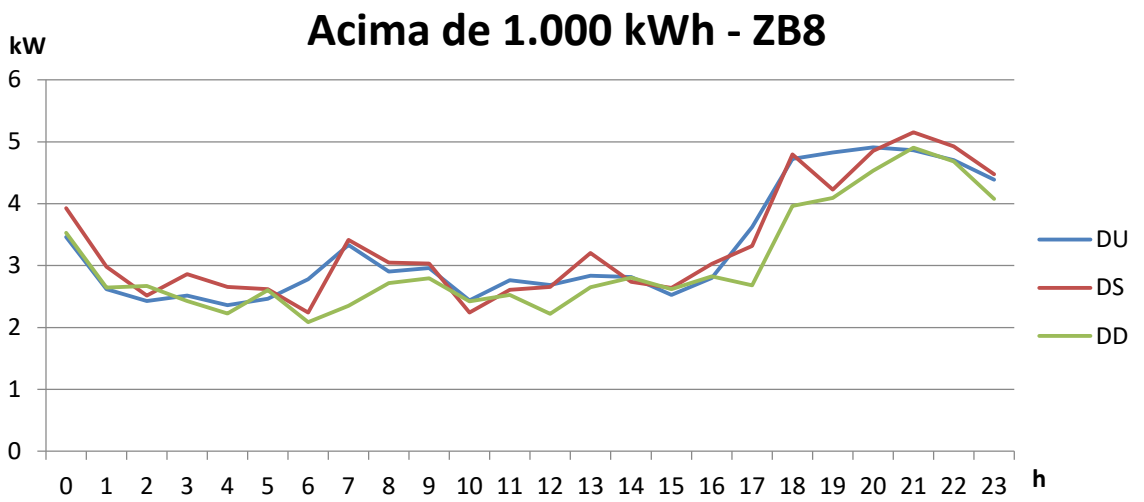
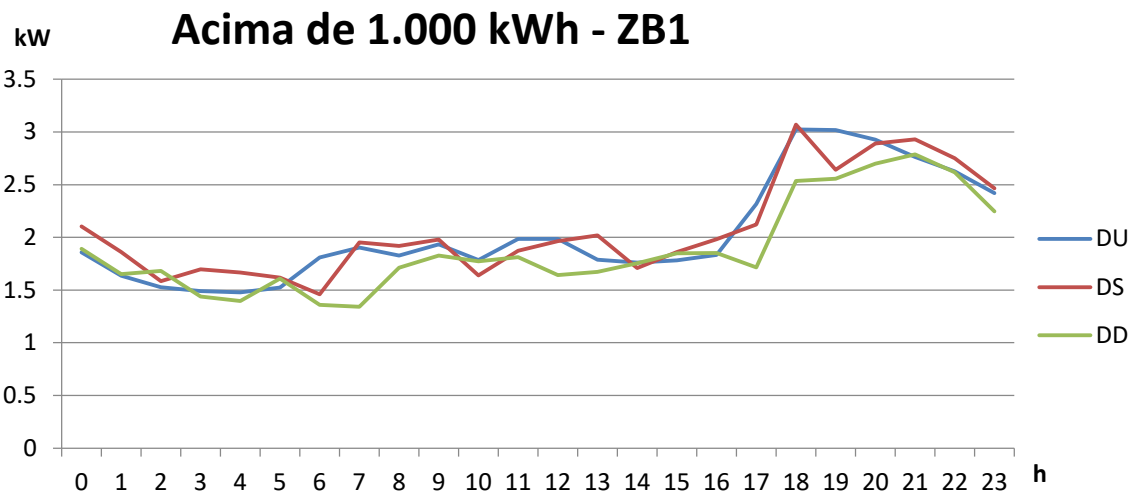
APÊNDICE B: CURVAS TÍPICAS E CUSTOS MENSAIS DE ENERGIA











CEEE - RGS (ZB1)

até 80kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	20,94	3,76	3,89	28,59
Ponta	5,17	0,00	0,00	5,17
Intermediária	2,64	0,00	0,00	2,64
Fora de Ponta	13,75	3,68	3,81	21,25
Tarifa Branca	21,56	3,68	3,81	29,06

81-220kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	50,54	9,06	9,81	69,41
Ponta	12,36	0,00	0,00	12,36
Intermediária	5,87	0,00	0,00	5,87
Fora de Ponta	33,79	8,87	9,61	52,27
Tarifa Branca	52,02	8,87	9,61	70,51

221-500kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	99,00	18,33	16,84	134,17
Ponta	27,53	0,00	0,00	27,53
Intermediária	12,65	0,00	0,00	12,65
Fora de Ponta	62,41	17,95	16,49	96,86
Tarifa Branca	102,60	17,95	16,49	137,04

500-1.000kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	223,80	36,90	37,18	297,88
Ponta	56,45	0,00	0,00	56,45
Intermediária	27,48	0,00	0,00	27,48
Fora de Ponta	146,81	36,14	36,42	219,37
Tarifa Branca	230,74	36,14	36,42	303,30

Acima de 1.000kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	421,47	77,82	71,03	570,32
Ponta	92,21	0,00	0,00	92,21
Intermediária	47,61	0,00	0,00	47,61
Fora de Ponta	291,83	76,22	69,57	437,62
Tarifa Branca	431,65	76,22	69,57	577,44

ELETROPAULO- SÃO PAULO(ZB3)

até 80kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	28,26	5,18	5,25	38,69
Ponta	5,73	0,00	0,00	5,73
Intermediária	2,97	0,00	0,00	2,97
Fora de Ponta	20,17	5,06	5,13	30,36
Tarifa Branca	28,87	5,06	5,13	39,06

81-220kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	49,83	8,91	9,92	68,66
Ponta	10,43	0,00	0,00	10,43
Intermediária	3,09	0,00	0,00	3,09
Fora de Ponta	37,46	8,71	9,70	55,87
Tarifa Branca	50,98	8,71	9,70	69,39

221-500kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	95,29	17,42	16,22	128,93
Ponta	18,36	0,00	0,00	18,36
Intermediária	12,88	0,00	0,00	12,88
Fora de Ponta	65,90	17,03	15,86	98,78
Tarifa Branca	97,14	17,03	15,86	130,02

500-1.000kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	258,17	42,89	42,22	343,28
Ponta	33,32	0,00	0,00	33,32
Intermediária	24,38	0,00	0,00	24,38
Fora de Ponta	201,91	41,93	41,27	285,10
Tarifa Branca	259,61	41,93	41,27	342,80

Acima de 1.000kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	597,08	110,45	100,71	808,24
Ponta	136,89	0,00	0,00	136,89
Intermediária	69,21	0,00	0,00	69,21
Fora de Ponta	407,34	107,96	98,44	613,74
Tarifa Branca	613,44	107,96	98,44	819,84

CELPA - Belém(ZB8)

até 80kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	45,18	8,34	8,39	61,91
Ponta	8,02	0,00	0,00	8,02
Intermediária	4,41	0,00	0,00	4,41
Fora de Ponta	33,35	8,18	8,23	49,76
Tarifa Branca	45,78	8,18	8,23	62,19

81-220kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	45,18	50,04	50,36	145,58
Ponta	8,02	0,00	0,00	8,02
Intermediária	4,41	0,00	0,00	4,41
Fora de Ponta	33,35	49,09	49,41	131,85
Tarifa Branca	45,78	49,09	49,41	144,27

221-500kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	129,44	23,48	22,05	174,96
Ponta	17,04	0,00	0,00	17,04
Intermediária	18,17	0,00	0,00	18,17
Fora de Ponta	94,85	23,03	21,63	139,52
Tarifa Branca	130,07	23,03	21,63	174,73

500-1.000kWh

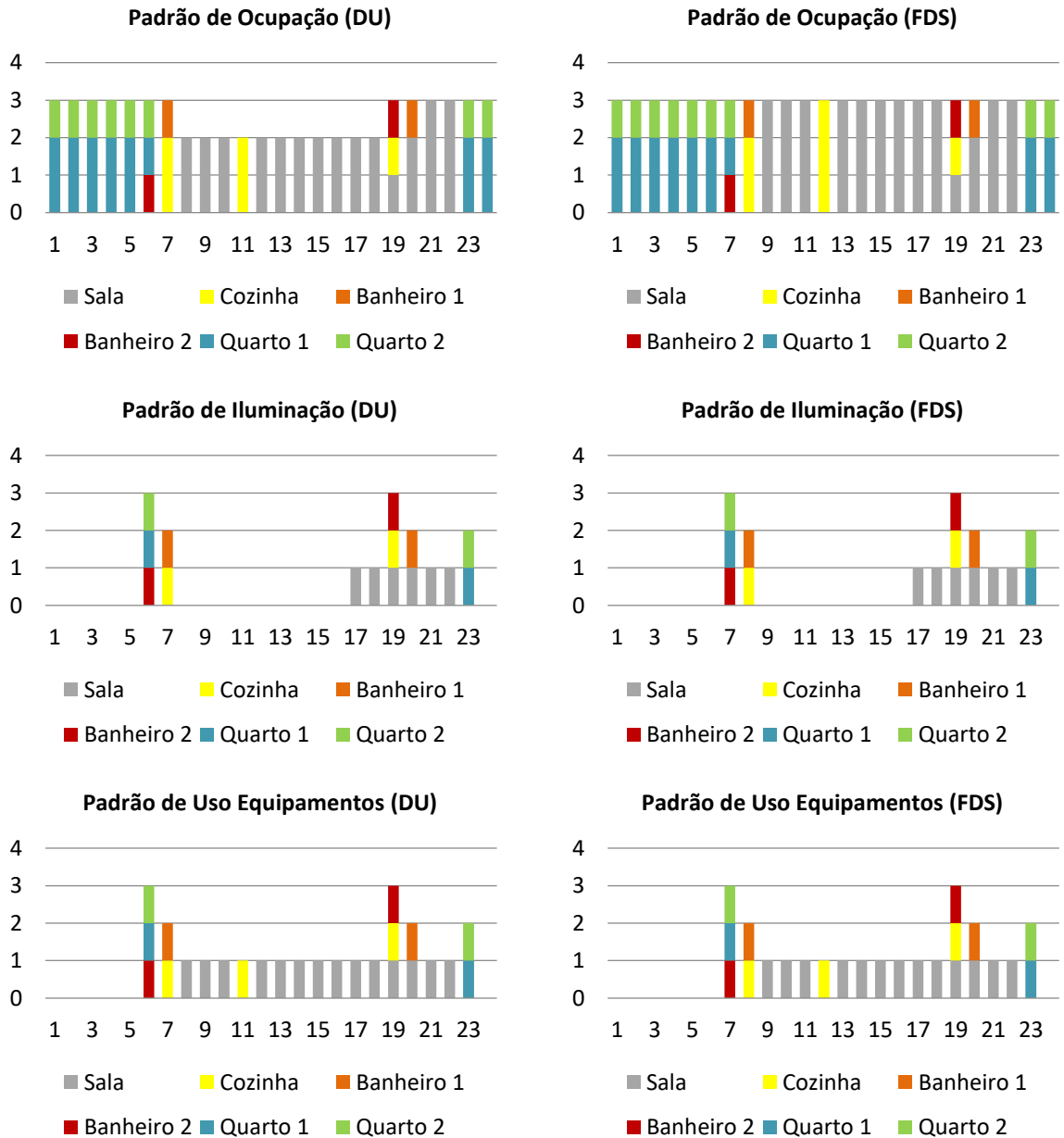
	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	386,55	64,45	62,74	513,74
Ponta	25,84	0,00	0,00	25,84
Intermediária	31,55	0,00	0,00	31,55
Fora de Ponta	326,51	63,23	61,55	451,29
Tarifa Branca	383,90	63,23	61,55	508,68

Acima de 1.000kWh

	DU (R\$)	DS (R\$)	DD (R\$)	Total(R\$)
Convencional	971,57	179,83	163,93	1315,33
Ponta	215,88	0,00	0,00	215,88
Intermediária	114,12	0,00	0,00	114,12
Fora de Ponta	662,24	176,43	160,82	999,49
Tarifa Branca	992,24	176,43	160,82	1329,49

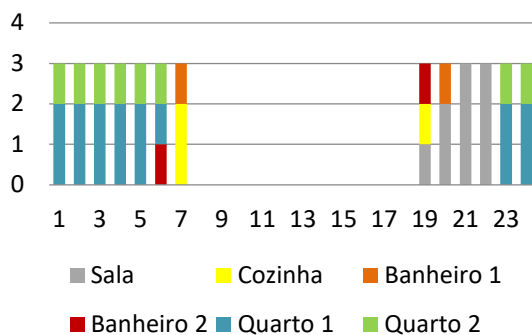
APÊNDICE C: PADRÕES DE OCUPAÇÃO, ILUMINAÇÃO E USO DE EQUIPAMENTOS PARA OS MODOS DE VIDA TRADICIONAL E CONTEMPORÂNEO

M1 e M2 Tradicional

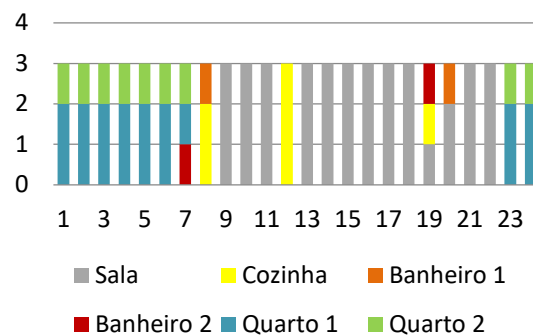


M1 e M2 Contemporâneo

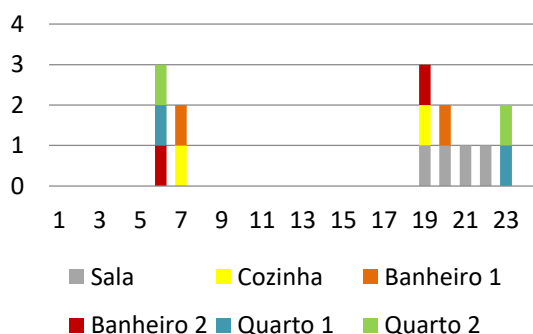
Padrão de Ocupação (DU)



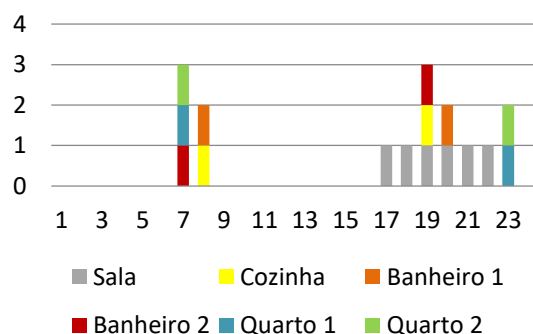
Padrão de Ocupação (FDS)



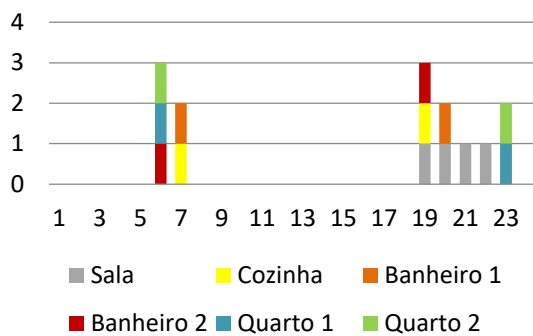
Padrão de Iluminação (DU)



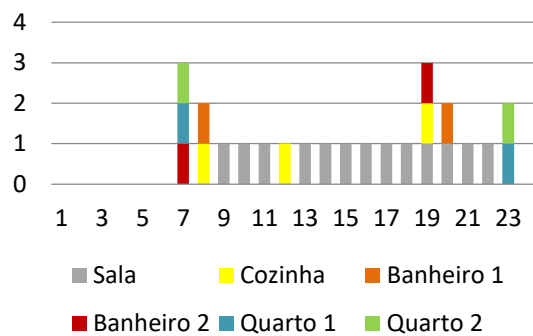
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

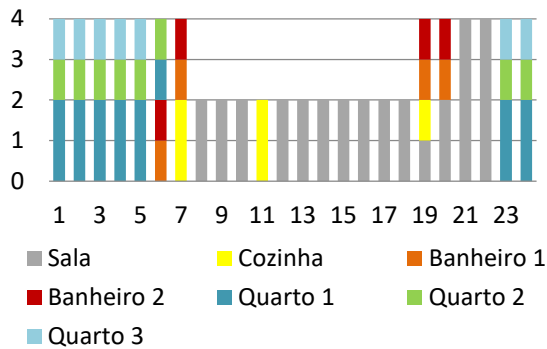


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

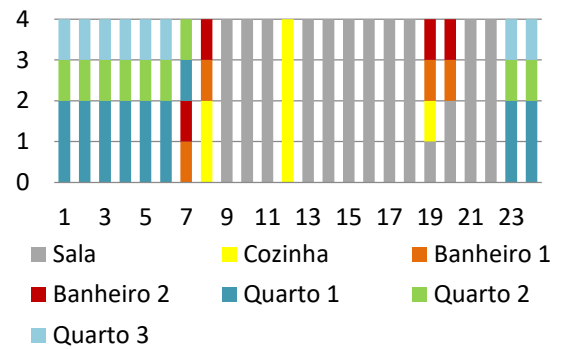


M3 e M4 Tradicional

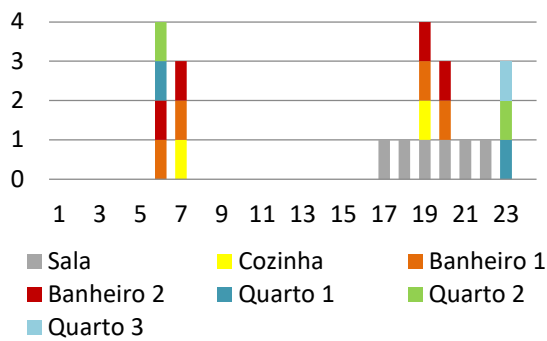
Padrão de Ocupação (DU)



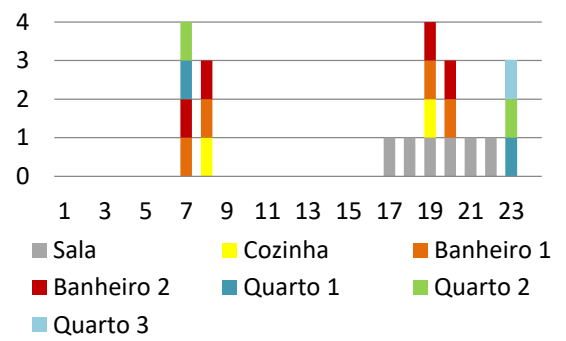
Padrão de Ocupação (FDS)



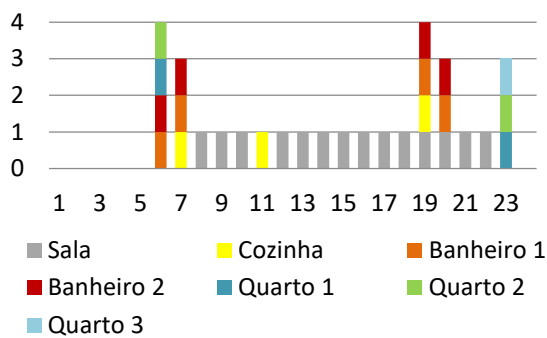
Padrão de Iluminação (DU)



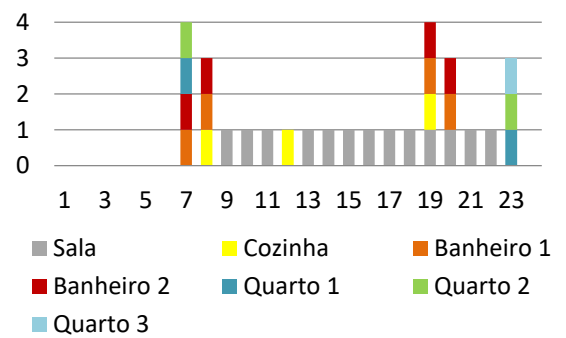
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

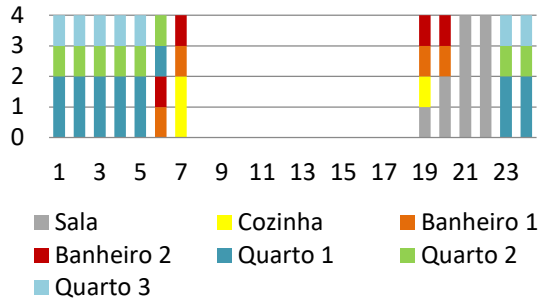


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

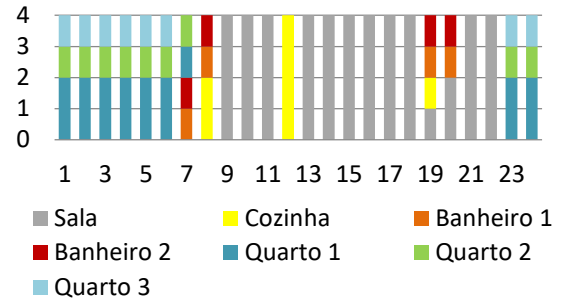


M3 e M4 Contemporâneo

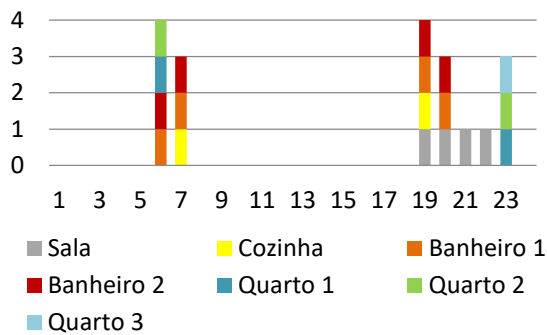
Padrão de Ocupação (DU)



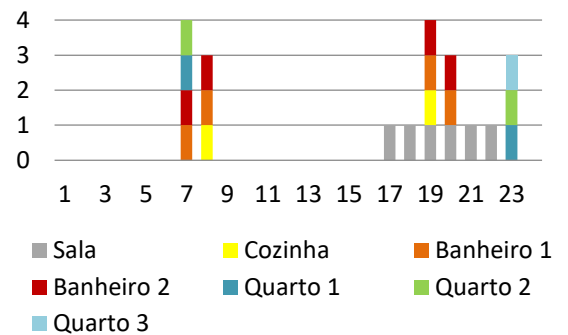
Padrão de Ocupação (FDS)



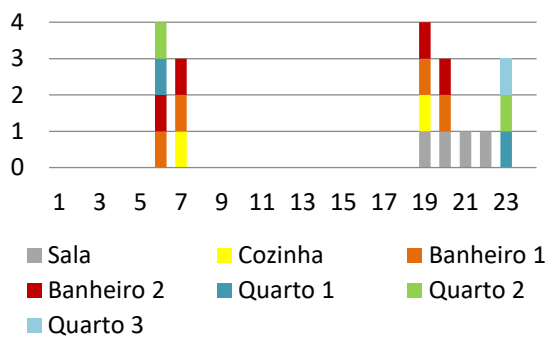
Padrão de Iluminação (DU)



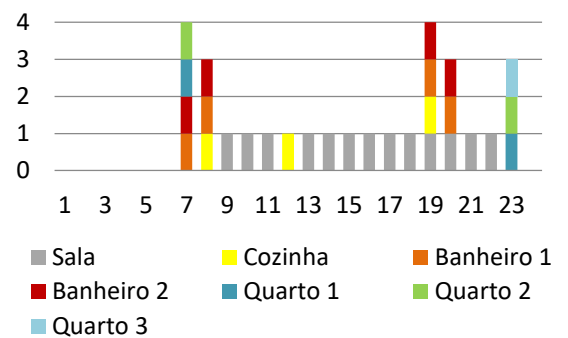
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

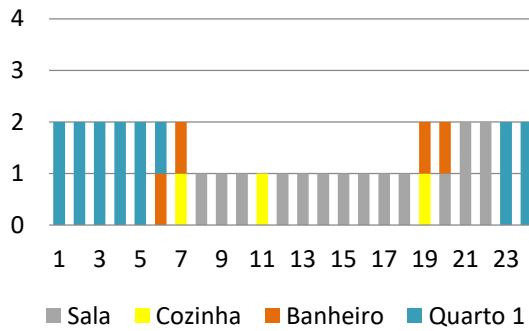


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

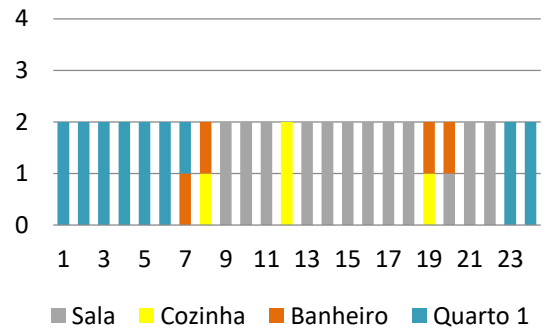


M5 Tradicional

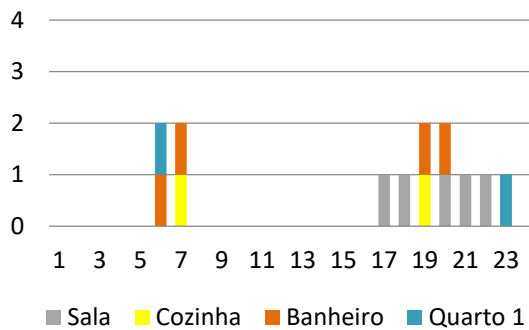
Padrão de Ocupação (DU)



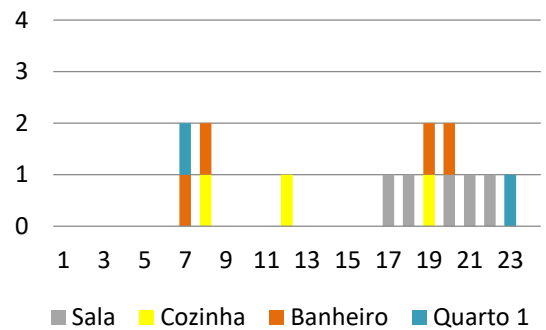
Padrão de Ocupação (FDS)



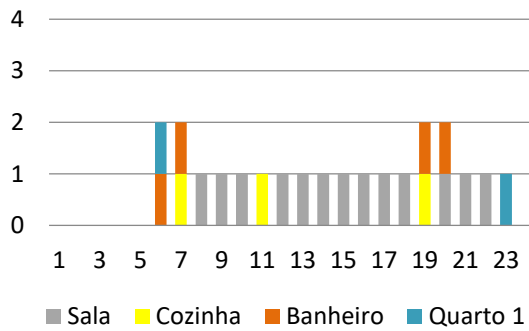
Padrão de Iluminação (DU)



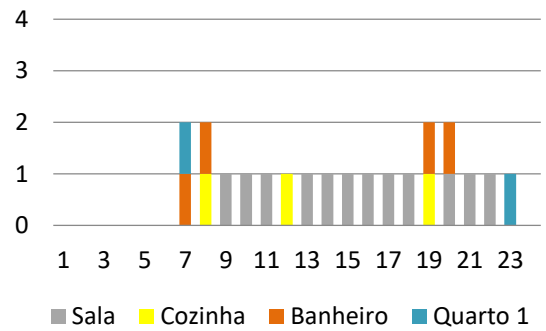
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

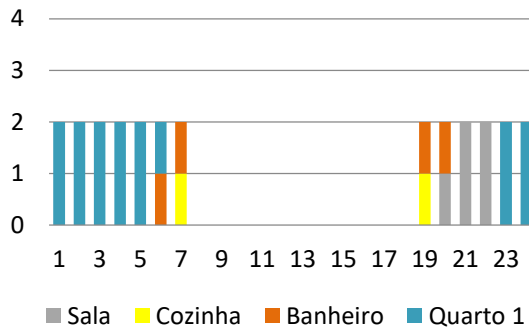


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

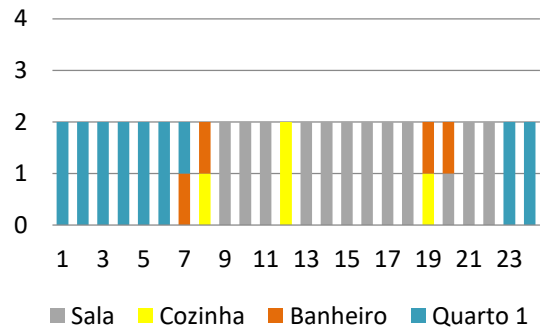


M5 Contemporâneo

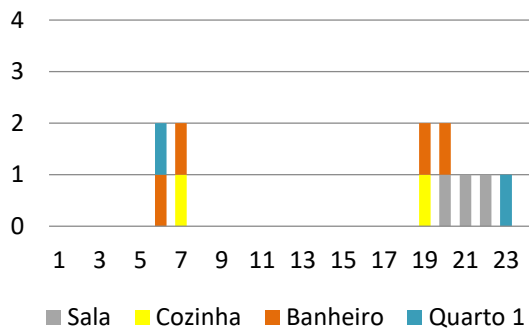
Padrão de Ocupação (DU)



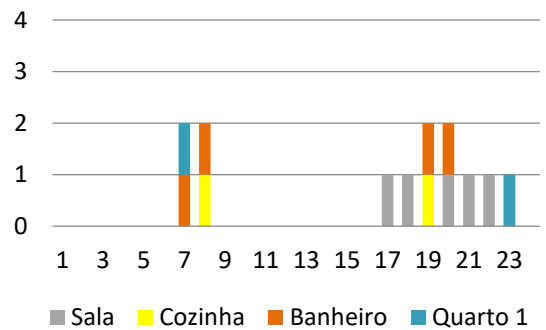
Padrão de Ocupação (FDS)



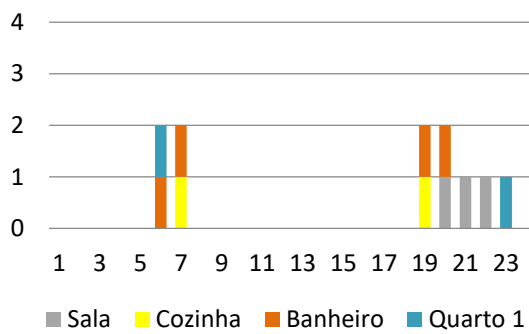
Padrão de Iluminação (DU)



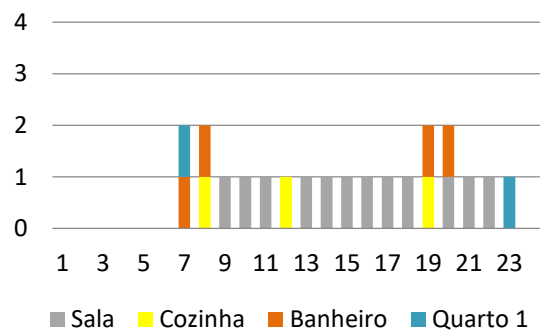
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

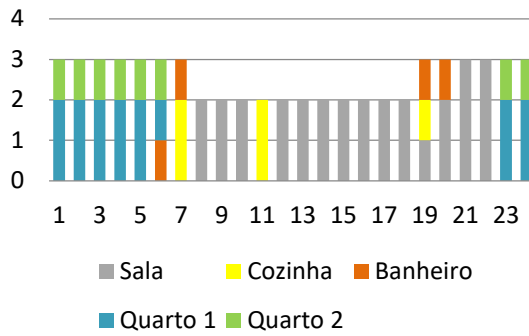


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

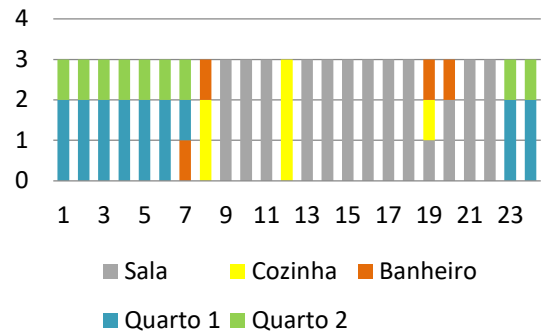


M6 e M7 Tradicional

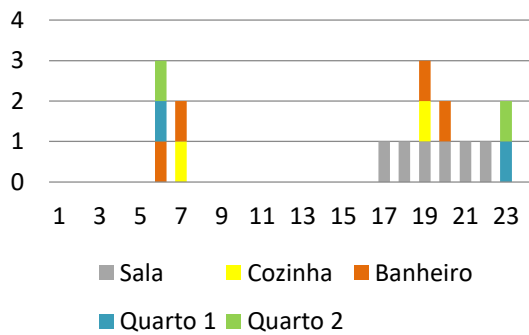
Padrão de Ocupação (DU)



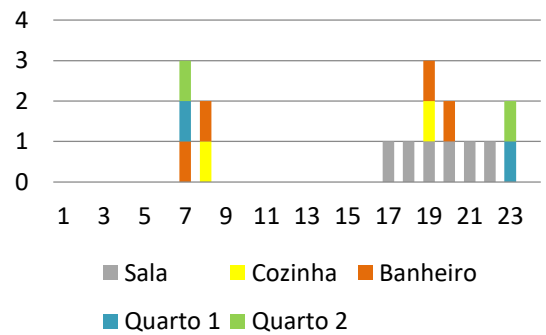
Padrão de Ocupação (FDS)



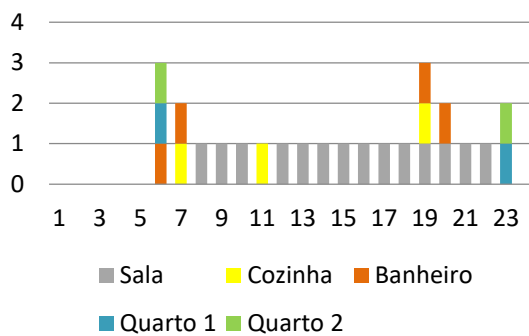
Padrão de Iluminação (DU)



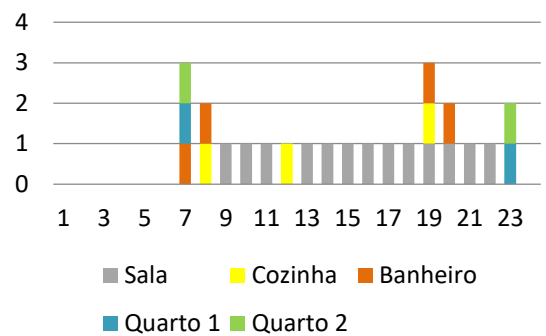
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

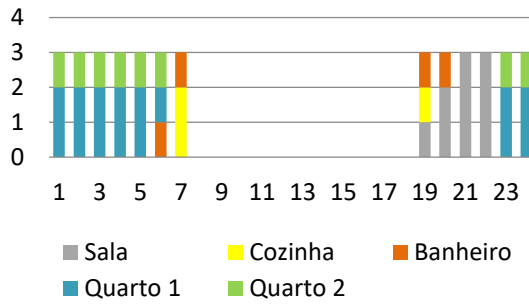


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

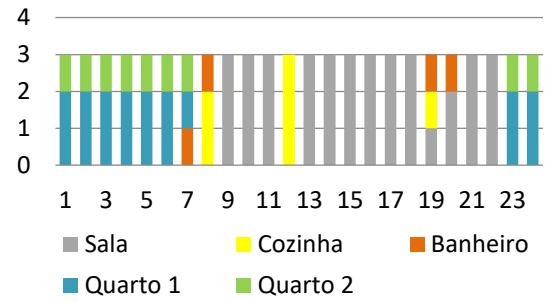


M6 e M7 Contemporâneo

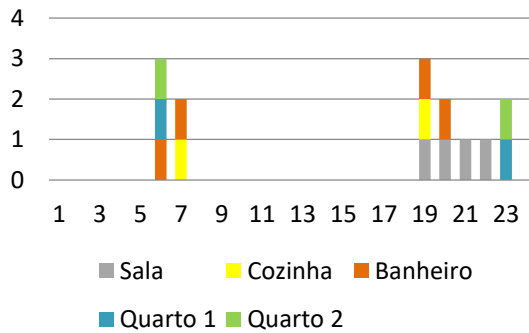
Padrão de Ocupação (DU)



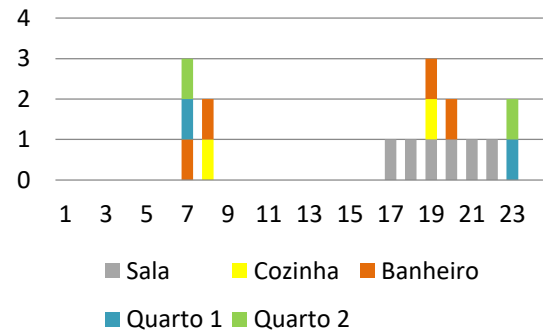
Padrão de Ocupação (FDS)



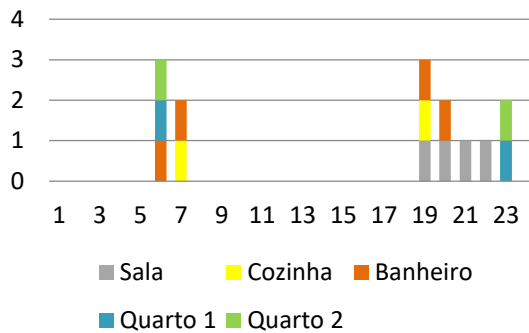
Padrão de Iluminação (DU)



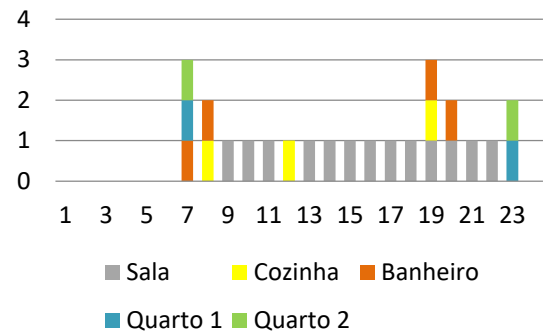
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

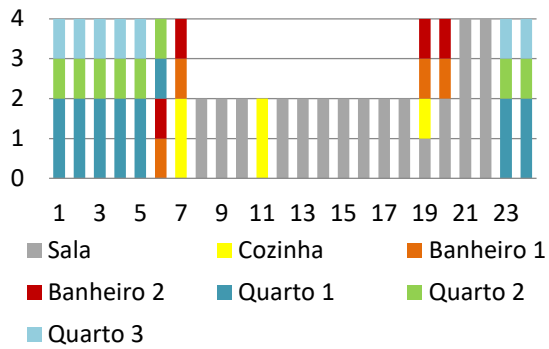


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

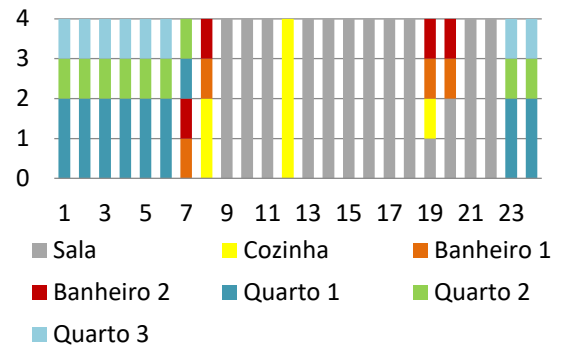


M8 Tradicional

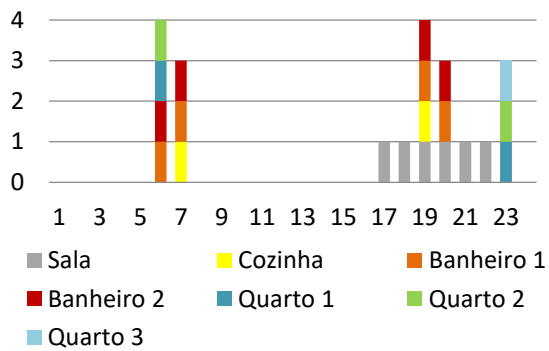
Padrão de Ocupação (DU)



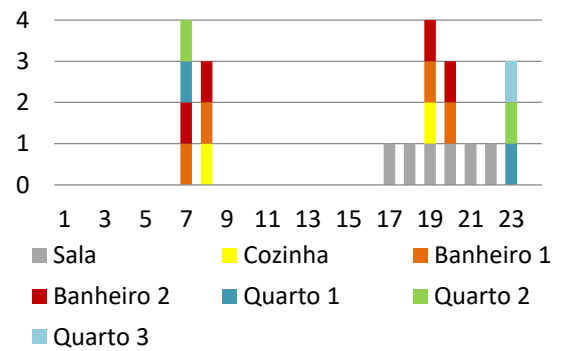
Padrão de Ocupação (FDS)



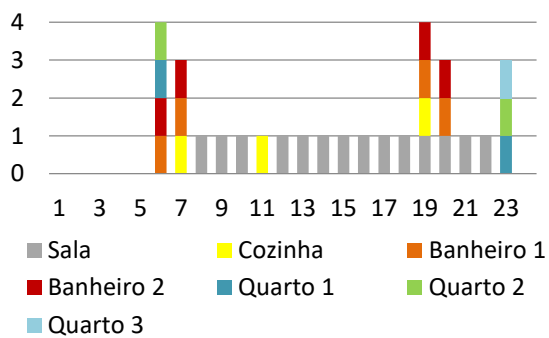
Padrão de Iluminação (DU)



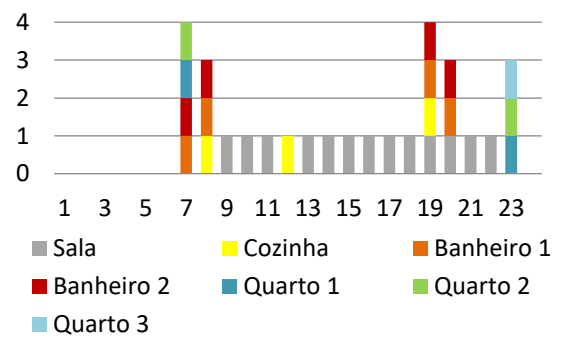
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

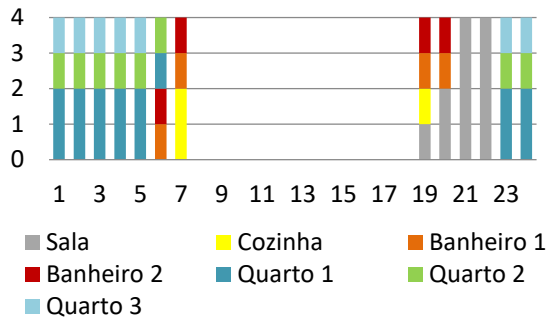


Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

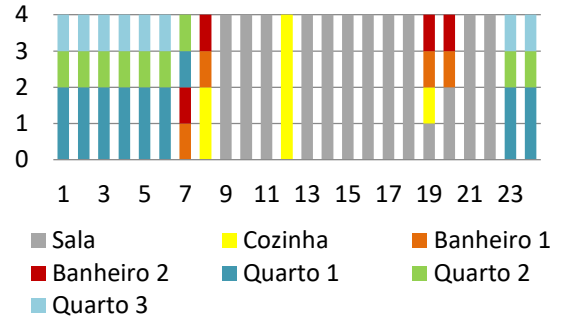


M8 Contemporâneo

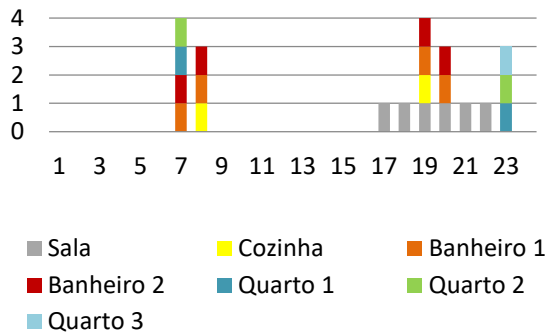
Padrão de Ocupação (DU)



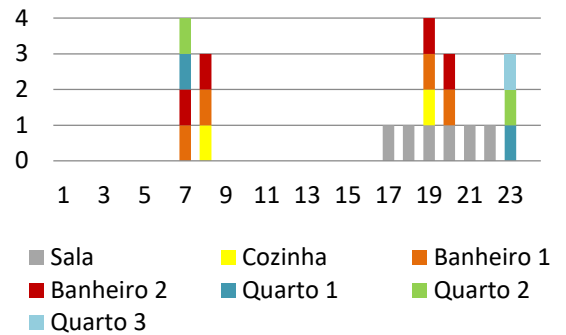
Padrão de Ocupação (FDS)



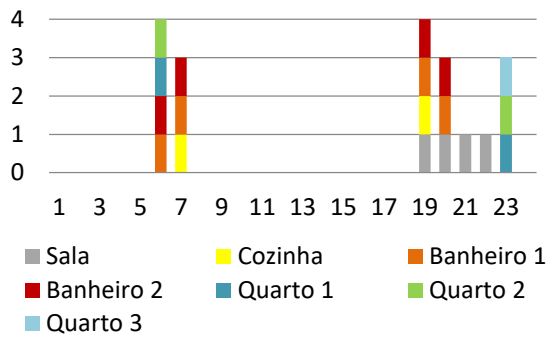
Padrão de Iluminação (FDS)



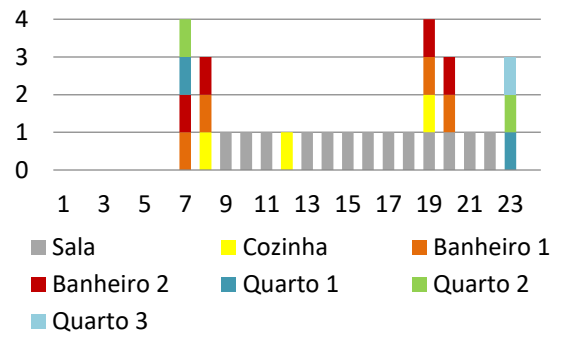
Padrão de Iluminação (FDS)



Padrão de Uso Equipamentos (DU)

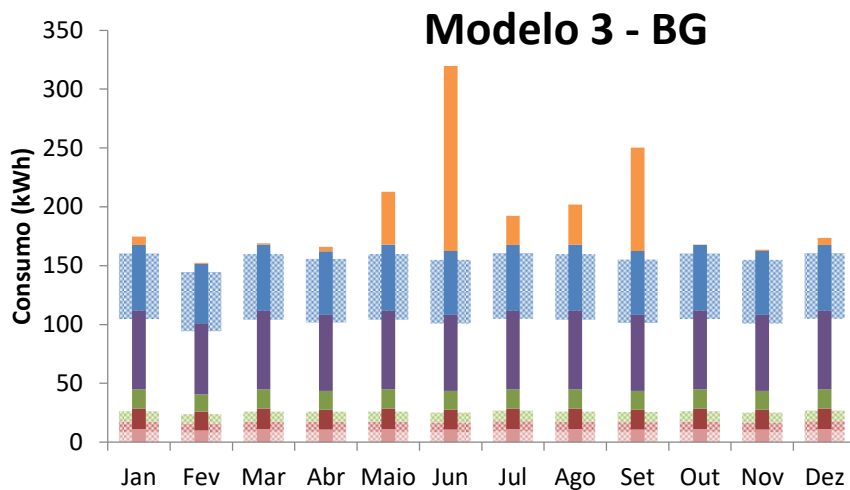
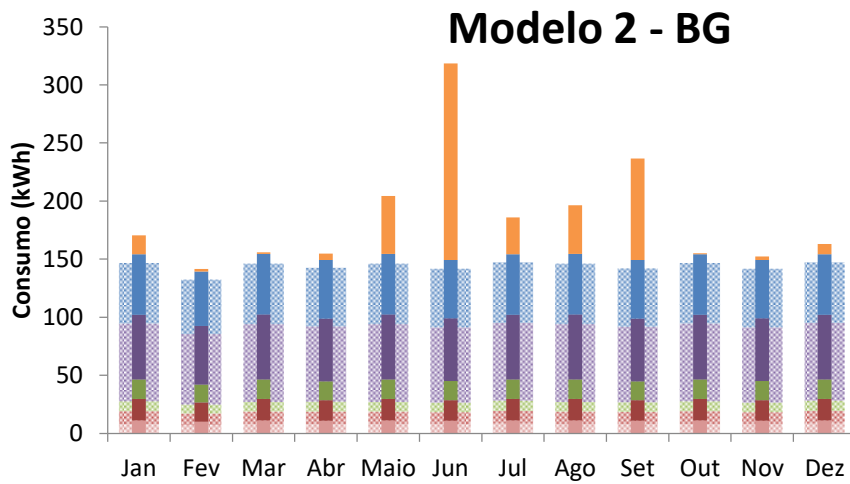
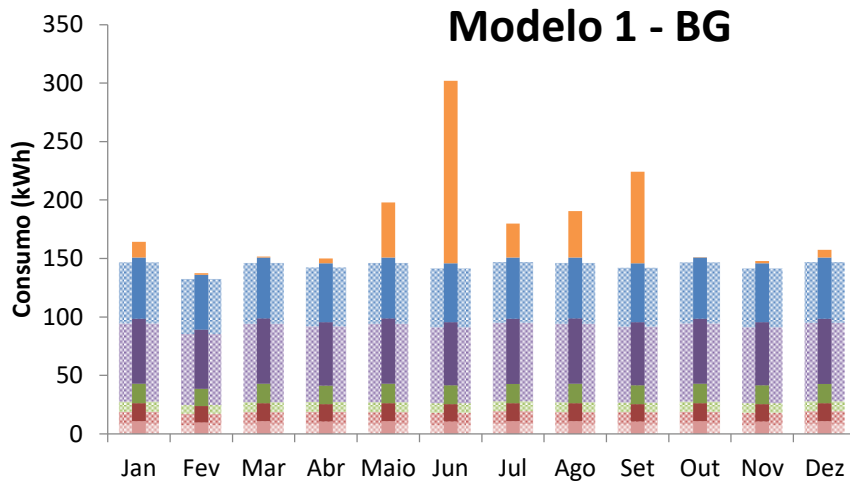


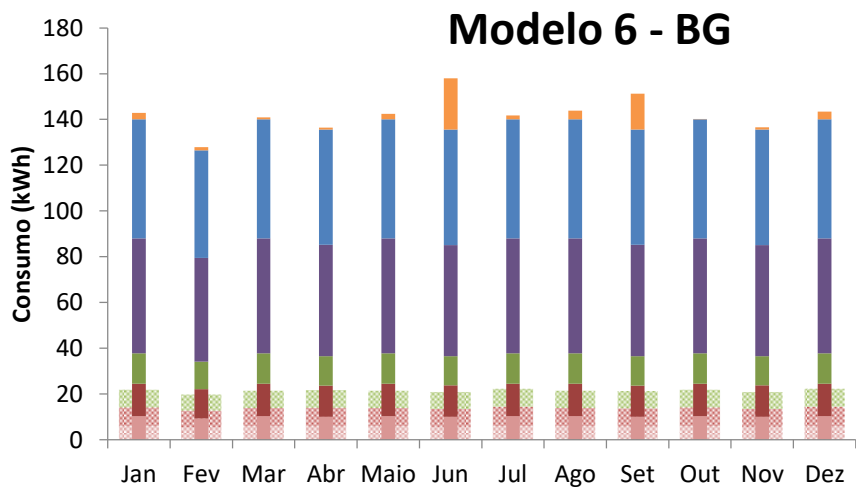
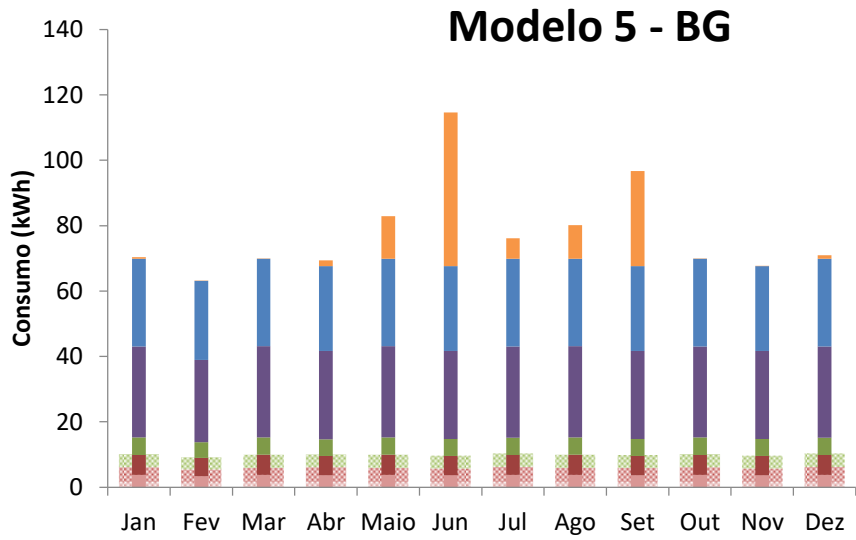
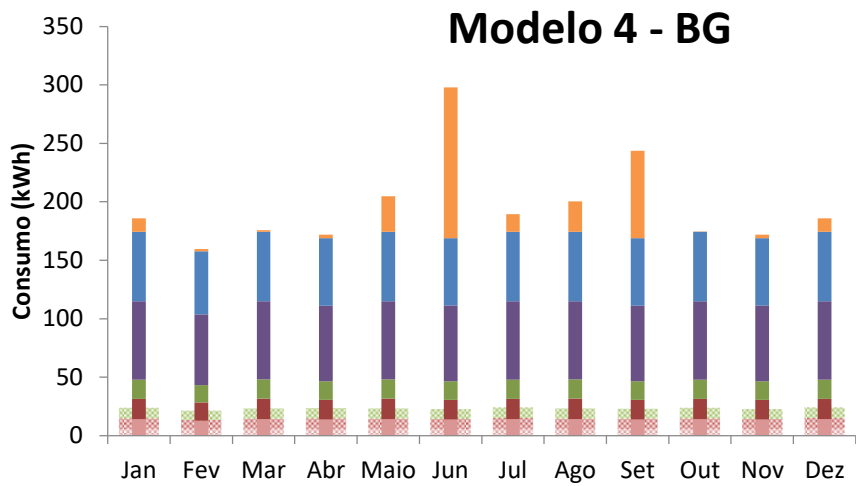
Padrão de Uso Equipamentos (FDS)

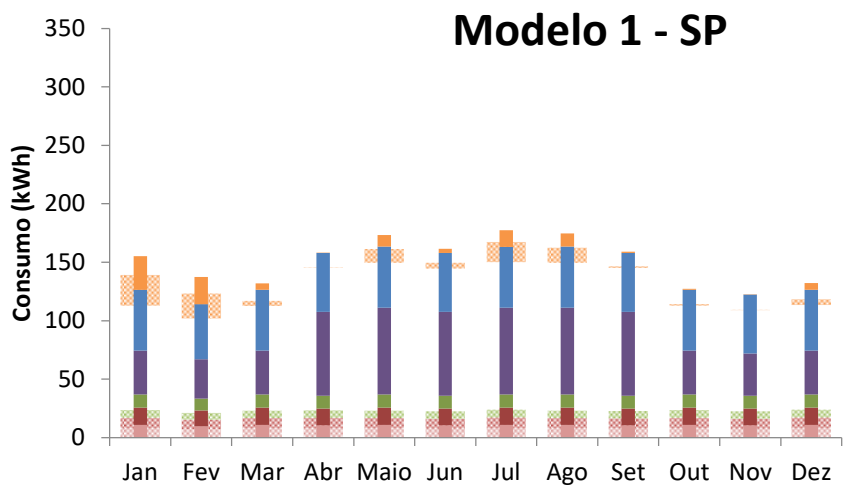
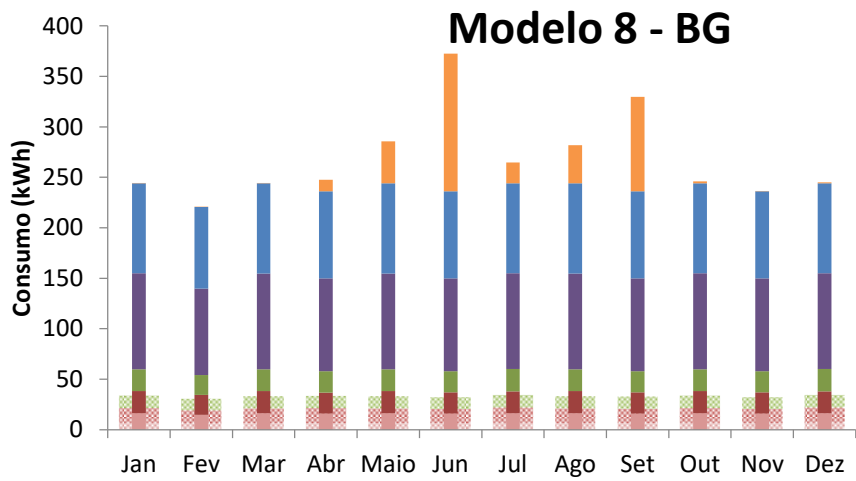
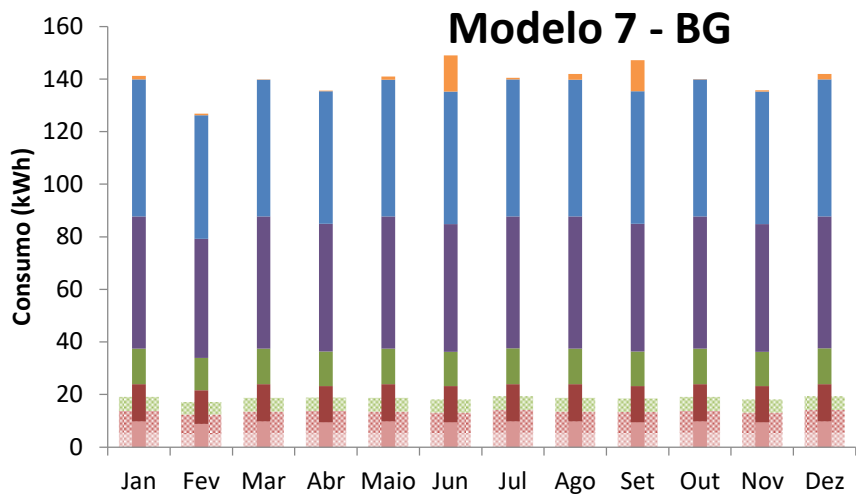


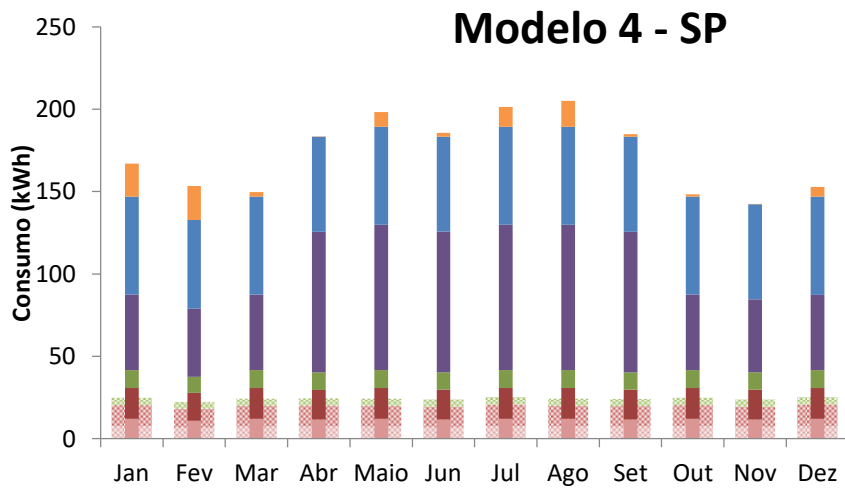
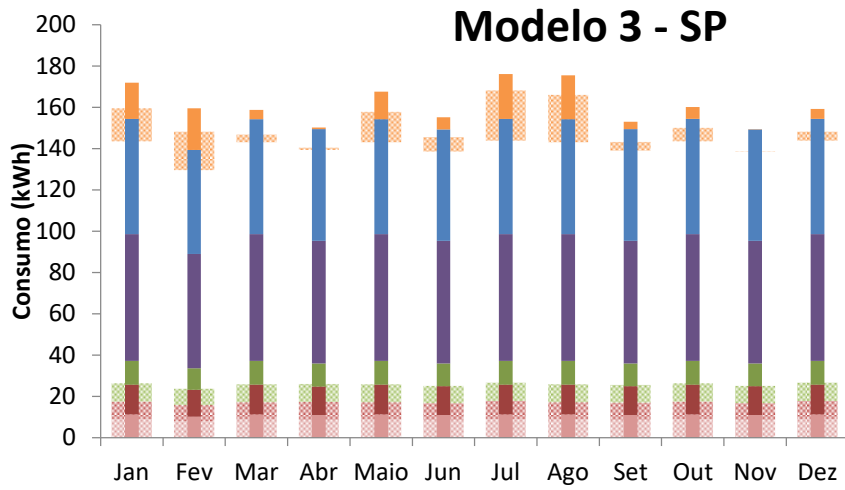
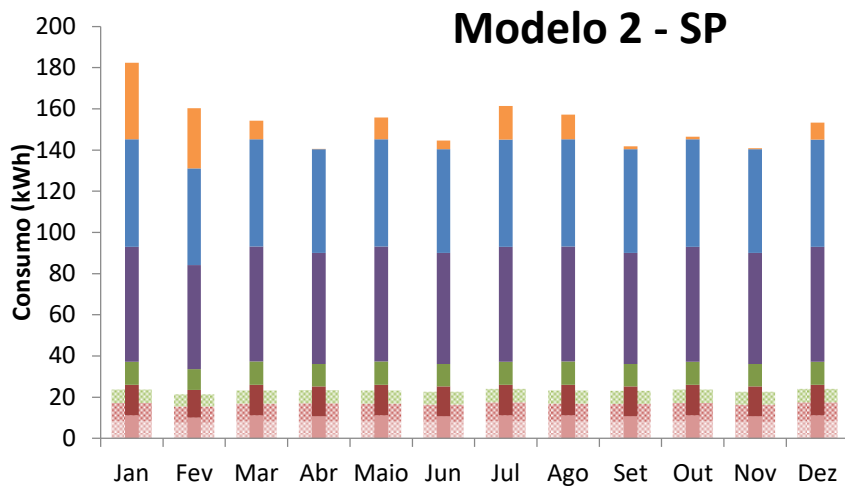
APÊNDICE D: CONSUMO MENSAL E PERCENTUAL DE CONSUMO POR CATEGORIAS DE USOS FINAIS

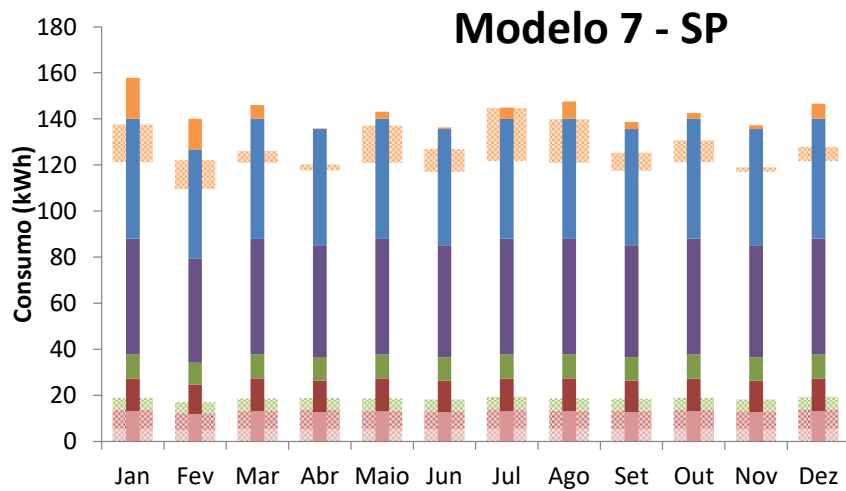
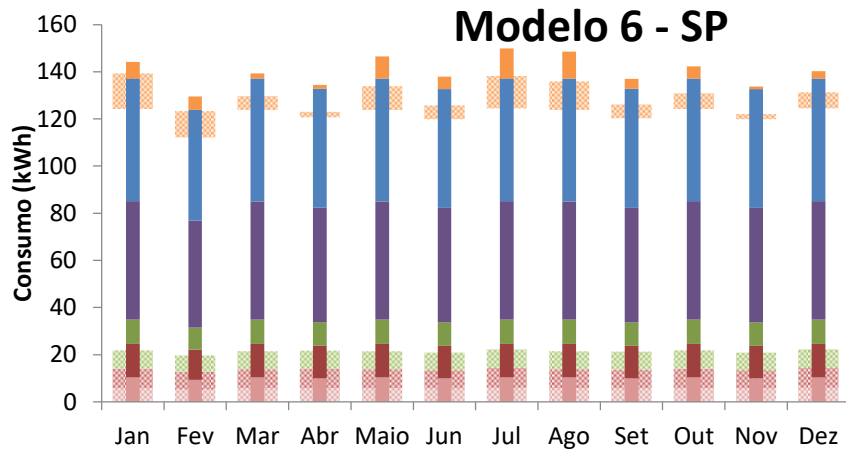
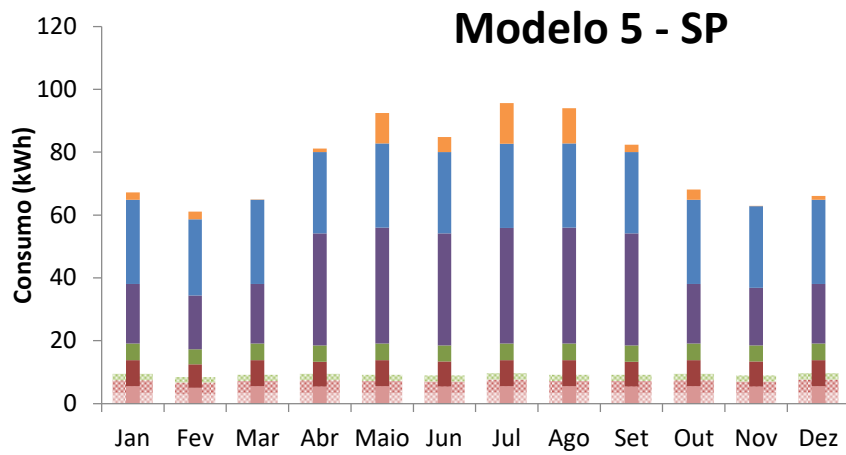
- Conforto Ambiental C
- Conservação de Alimentos C
- Aquecimento de Água C
- Serviços Gerais C
- Lazer C
- Iluminação C
- Conforto Ambiental T
- Conservação de Alimentos T
- Aquecimento de Água T
- Serviços Gerais T
- Lazer T
- Iluminação T

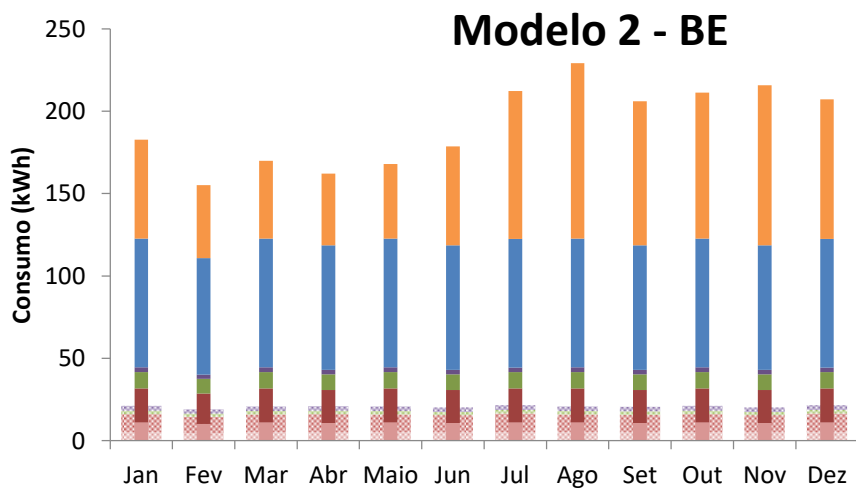
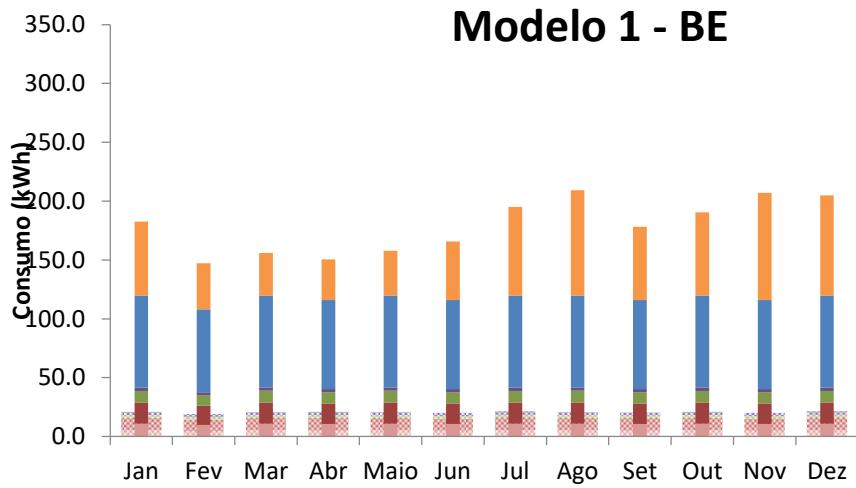
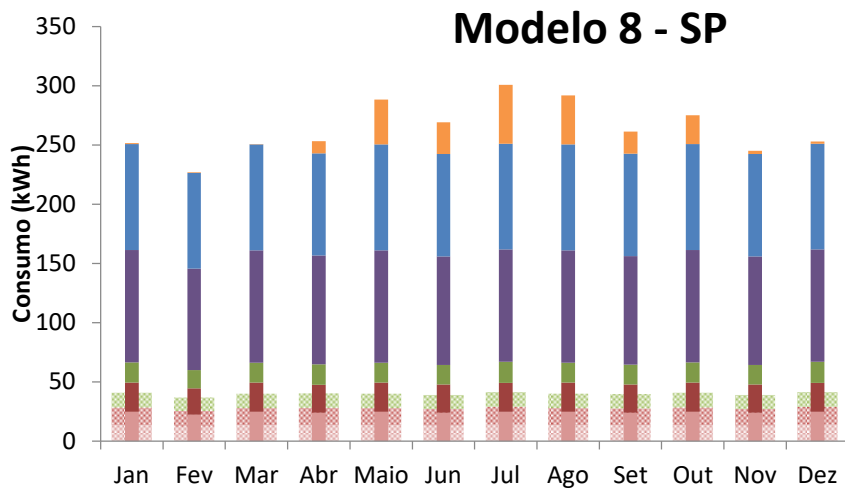


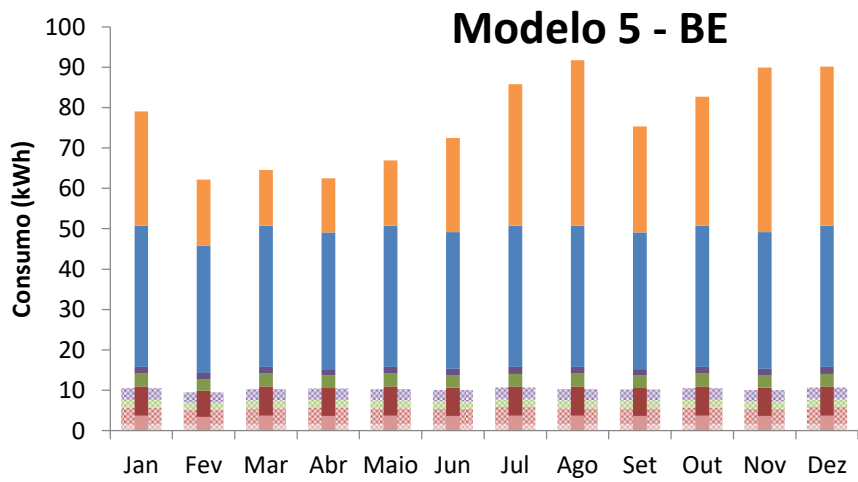
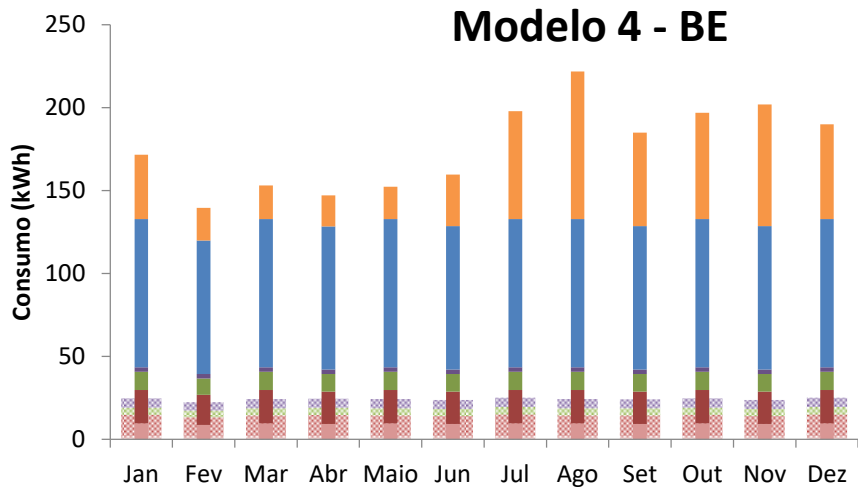
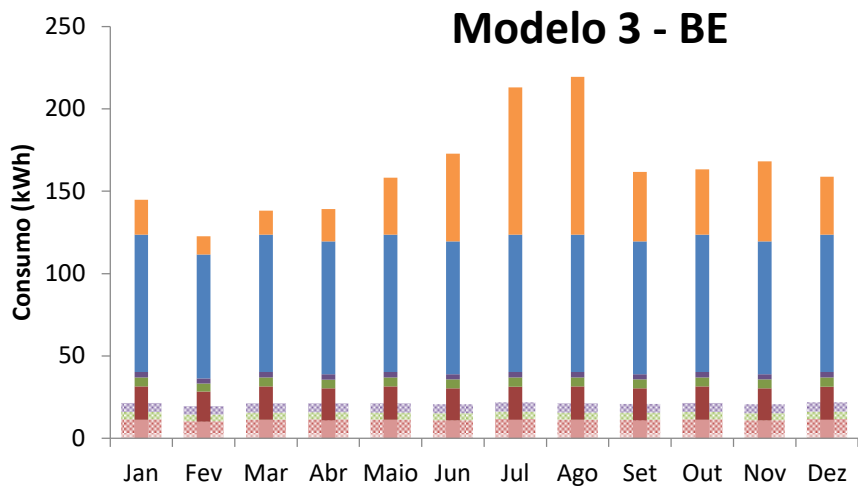


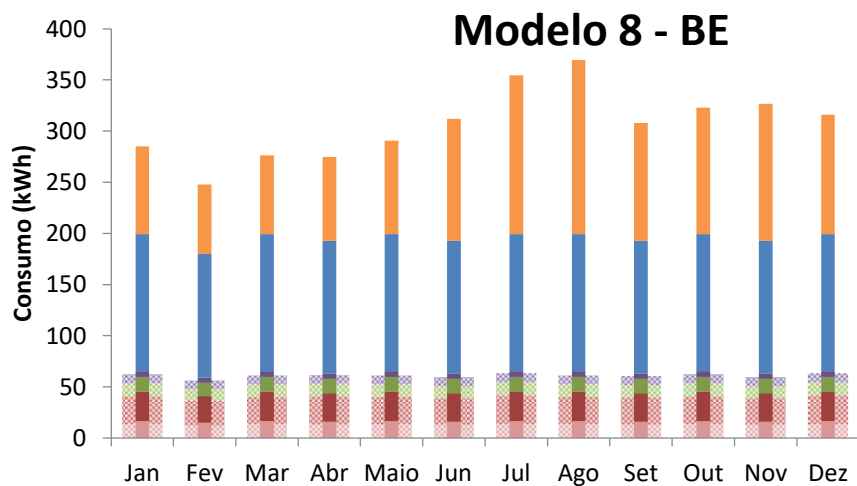
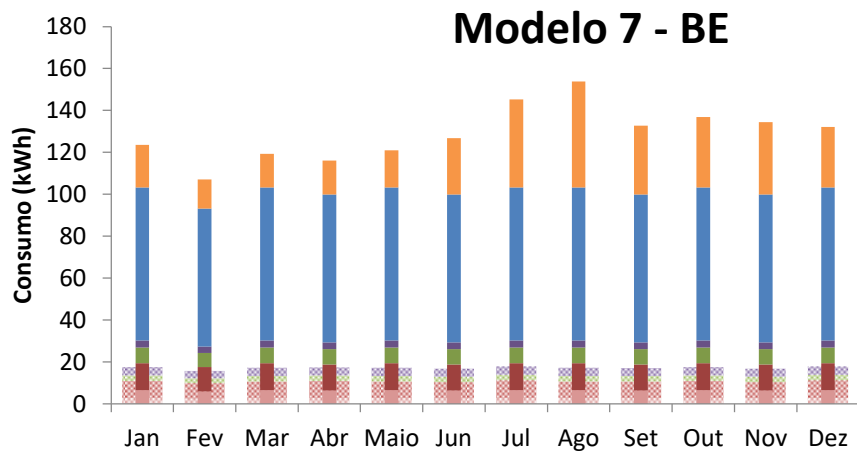
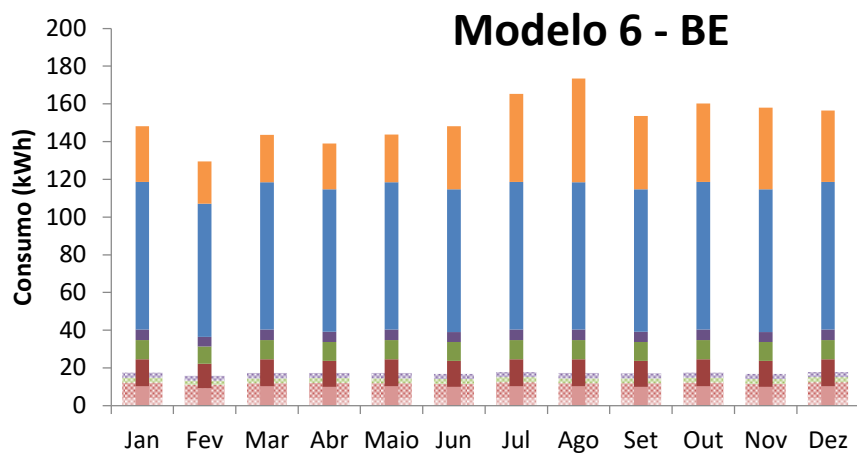




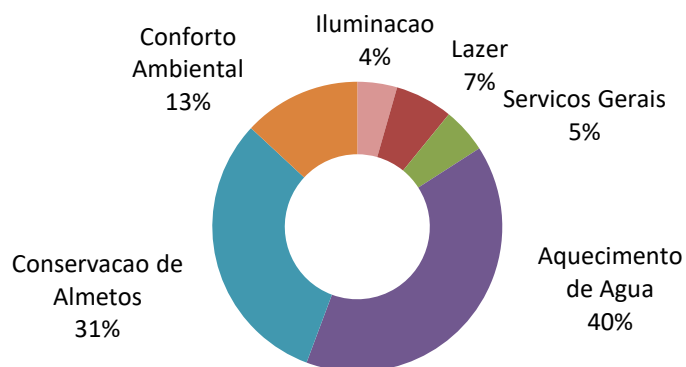




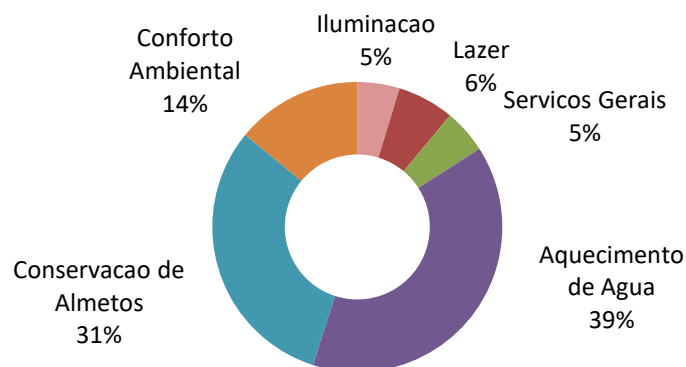




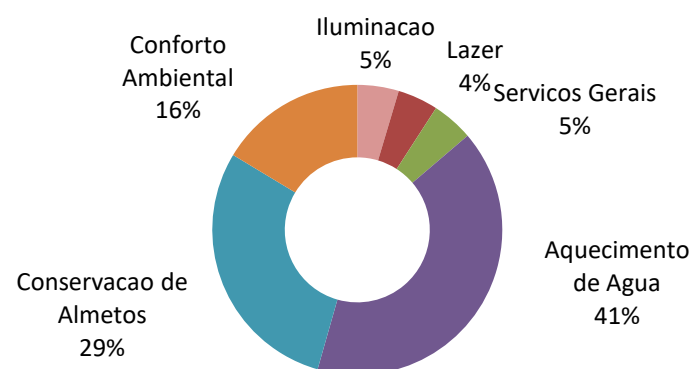
Modelo 1 – BG



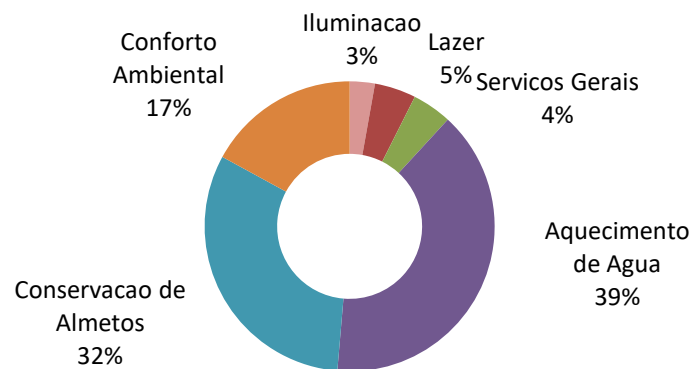
Modelo 2 - BENTO GONÇALVES



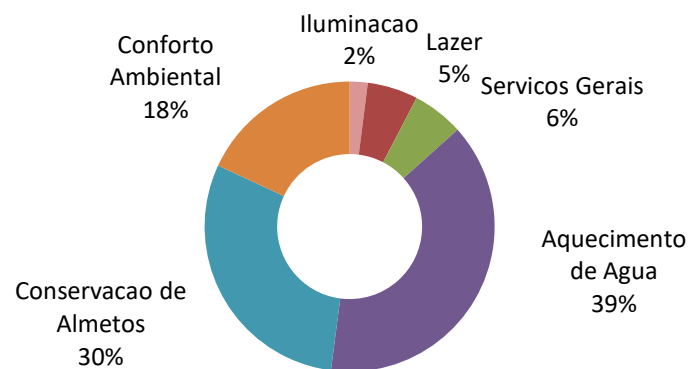
Modelo 3 - BENTO GONÇALVES



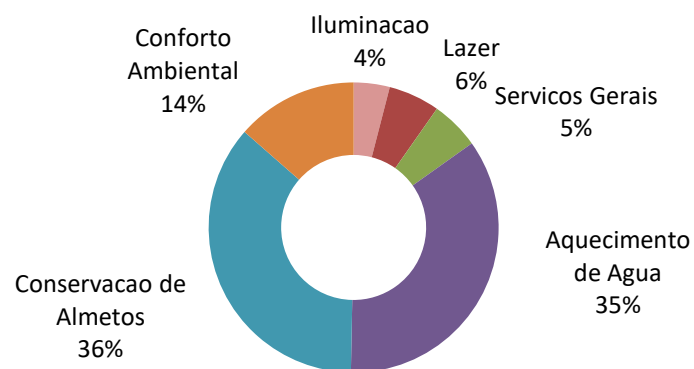
Modelo 4 - BENTO GONÇALVES



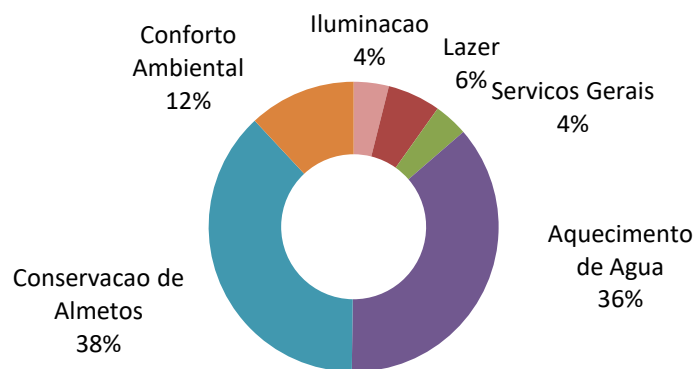
Modelo 5 - BENTO GONÇALVES



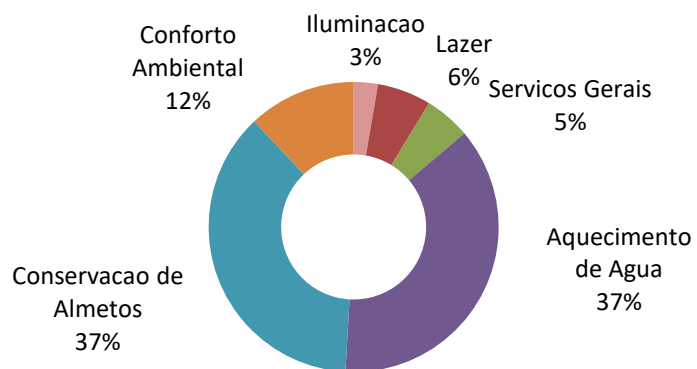
Modelo 6 - BENTO GONÇALVES



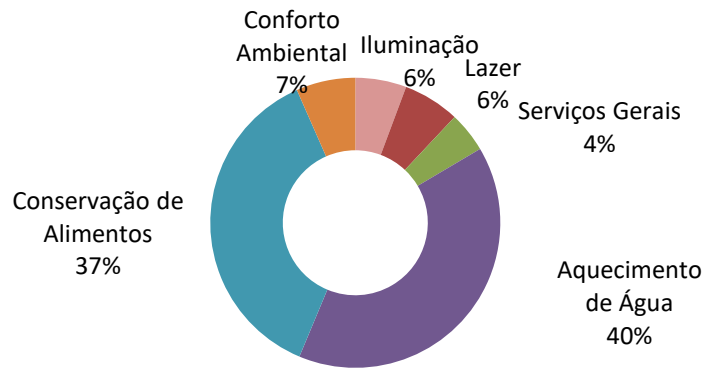
Modelo 7 - BENTO GONÇALVES



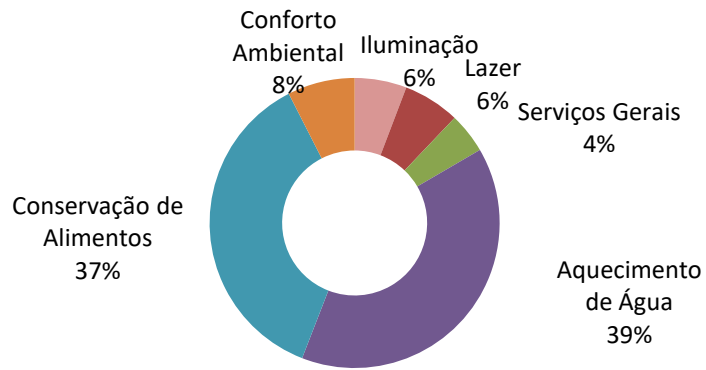
Modelo 8 - BENTO GONÇALVES



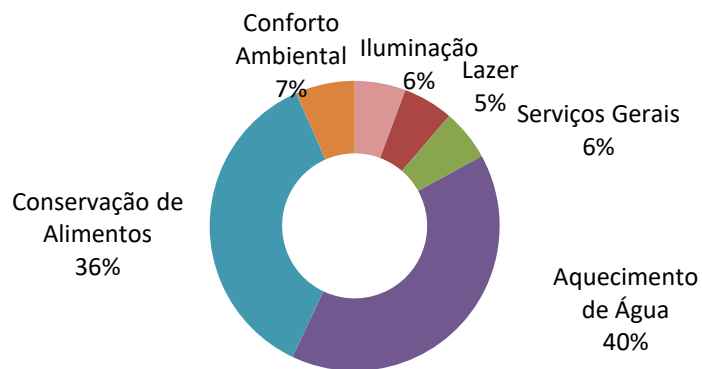
Modelo 1 – SÃO PAULO



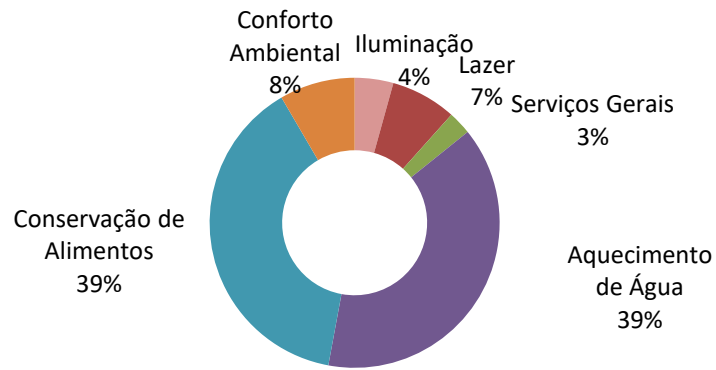
Modelo 2 – SÃO PAULO



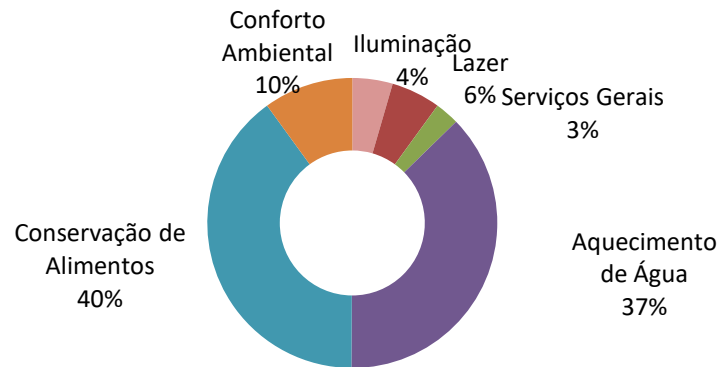
Modelo 3 – SÃO PAULO



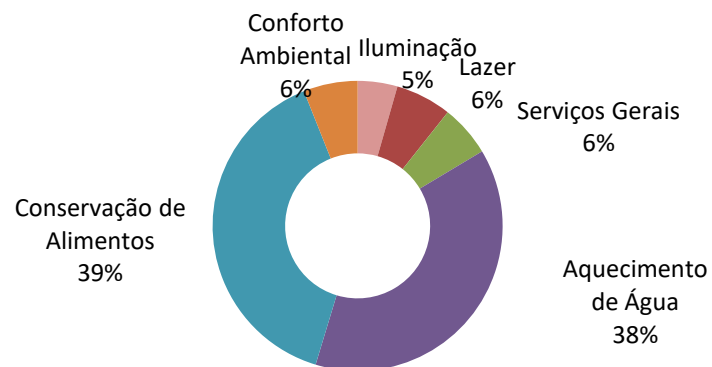
Modelo 4 - SÃO PAULO



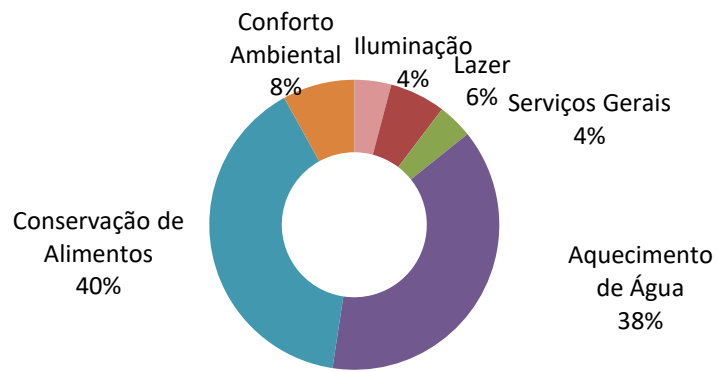
Modelo 5 - SÃO PAULO



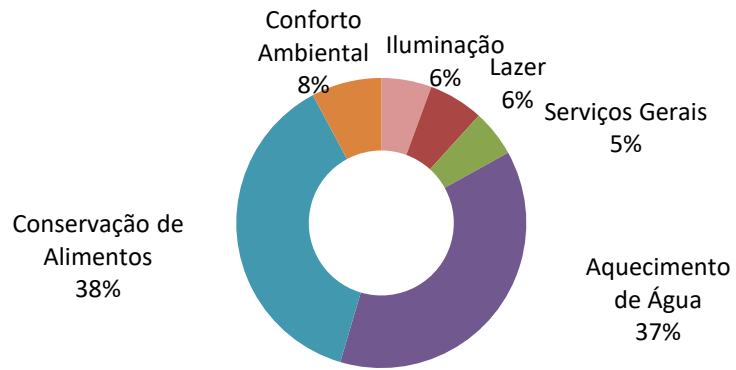
Modelo 6 - SÃO PAULO



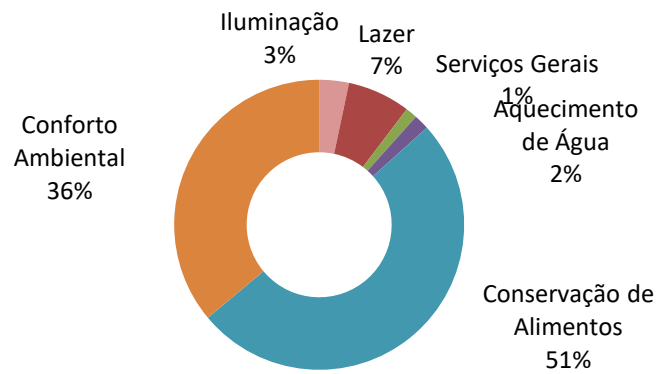
Modelo 7 - SÃO PAULO



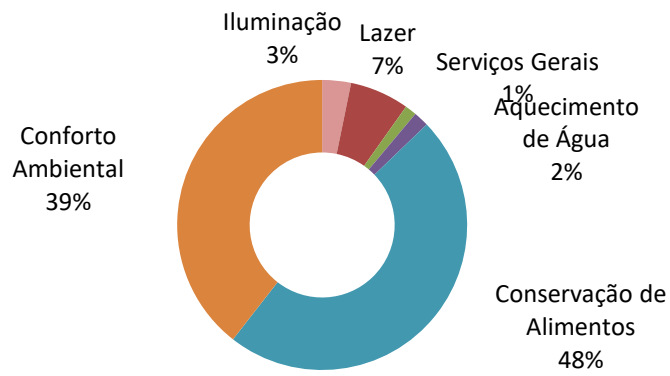
Modelo 8 - SÃO PAULO



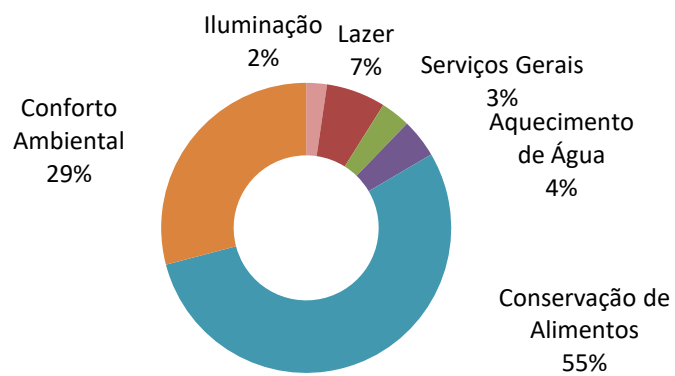
Modelo 1 - BELÉM



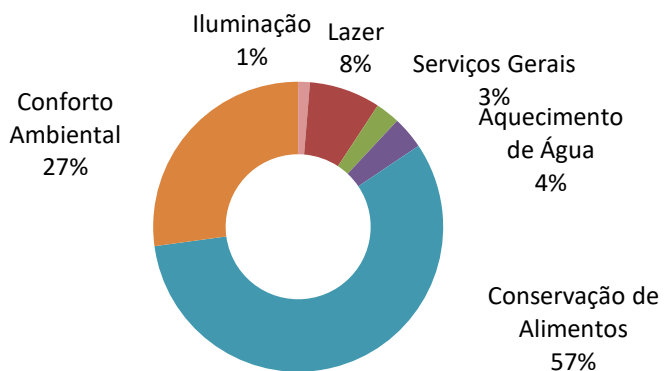
Modelo 2 - BELÉM



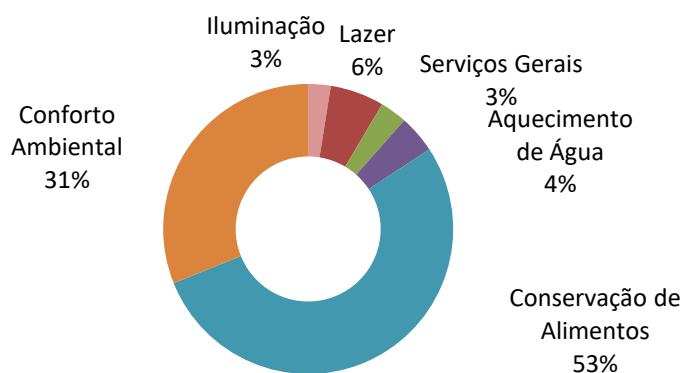
Modelo 3 - BELÉM



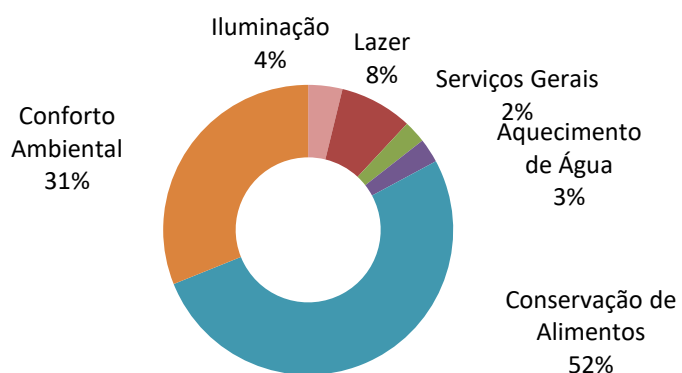
Modelo 4 - BELÉM



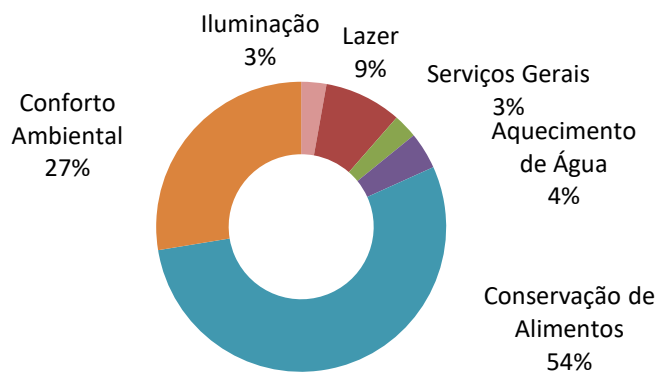
Modelo 5 - BELÉM



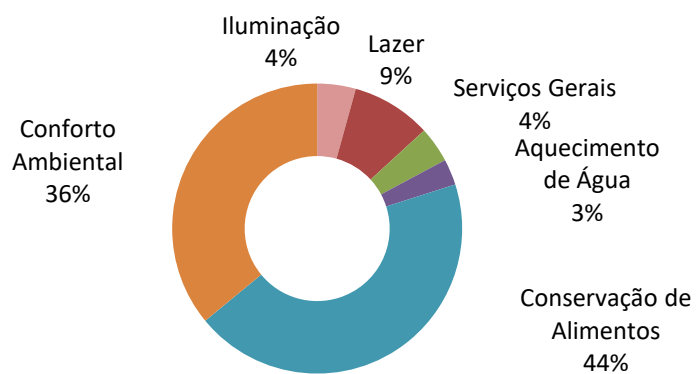
Modelo 6 - BELÉM



Modelo 7 – BELÉM

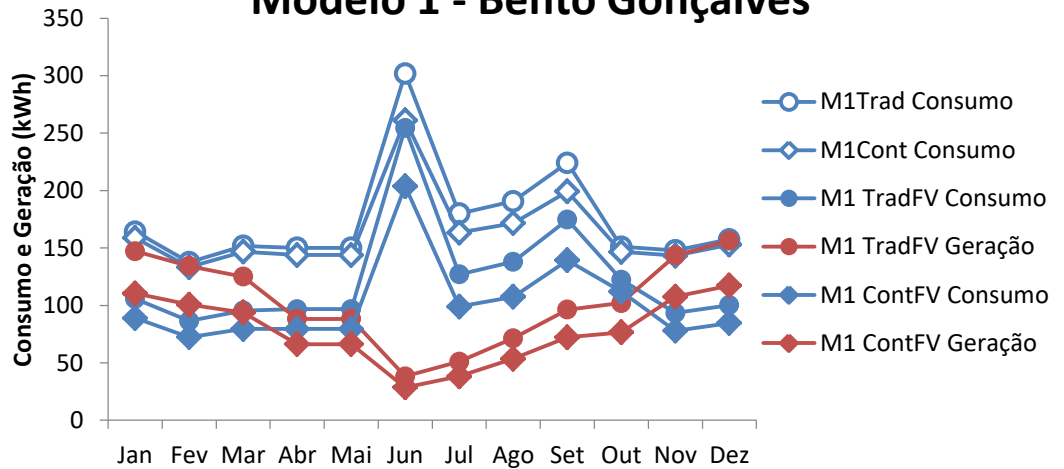


Modelo 8 - BELÉM

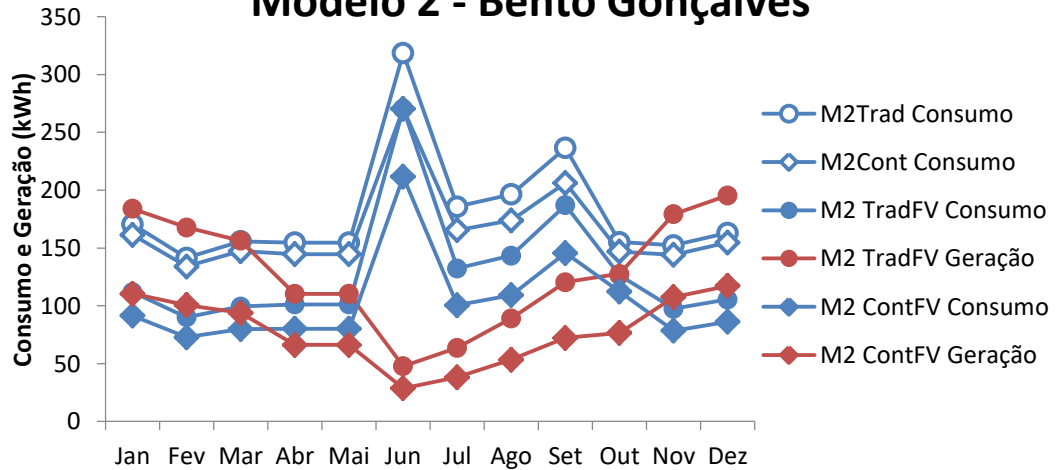


APÊNDICE E: CONSUMO E GERAÇÃO MENSAL E CUSTOS ANUAIS DE ENERGIA

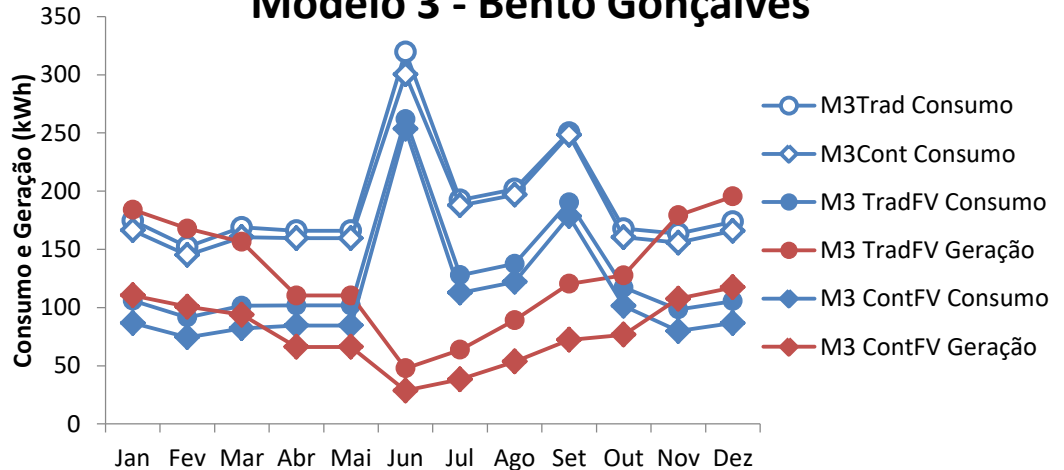
Modelo 1 - Bento Gonçalves



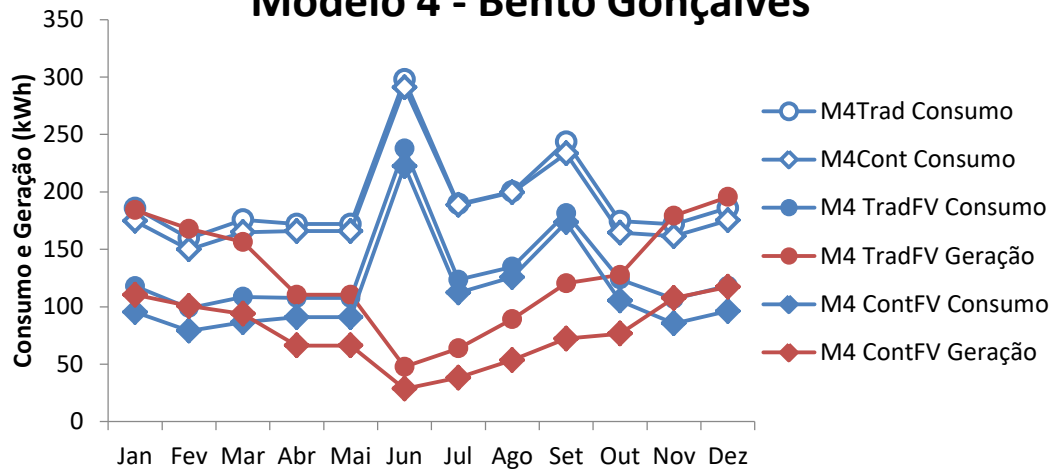
Modelo 2 - Bento Gonçalves



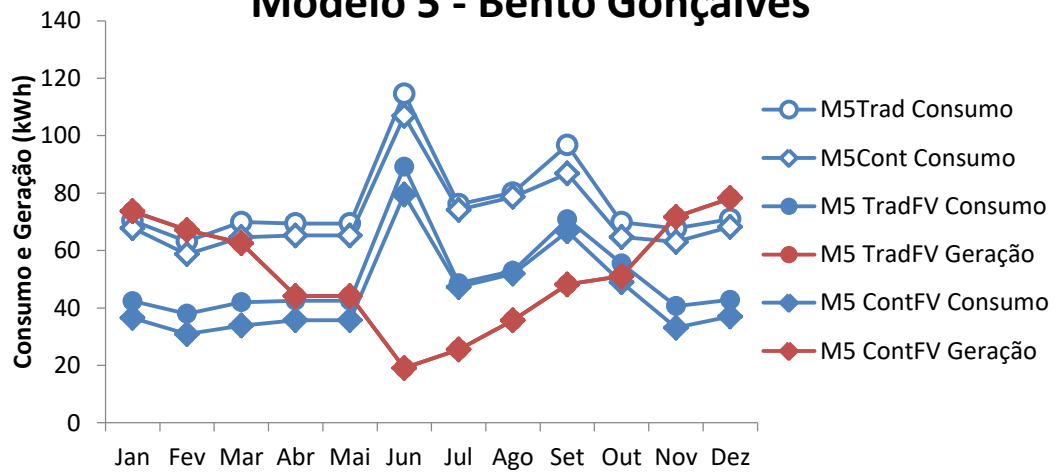
Modelo 3 - Bento Gonçalves



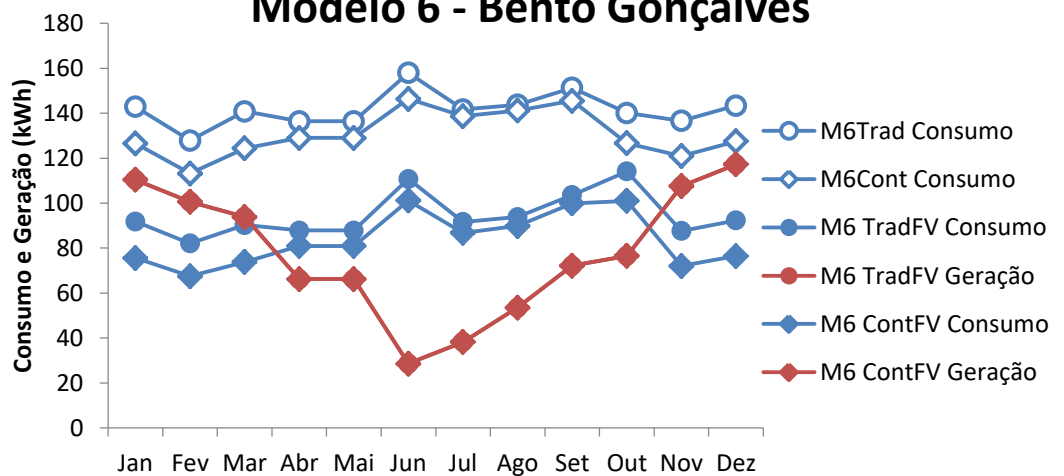
Modelo 4 - Bento Gonçalves



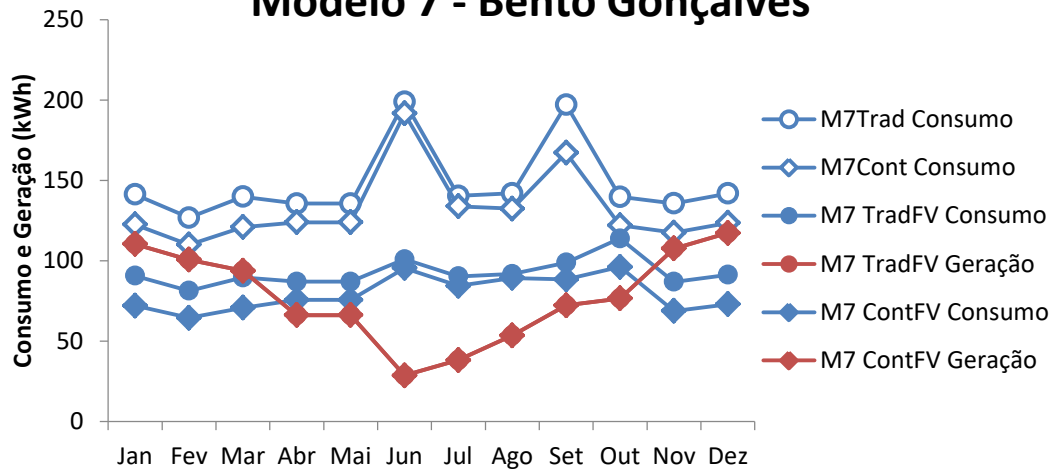
Modelo 5 - Bento Gonçalves



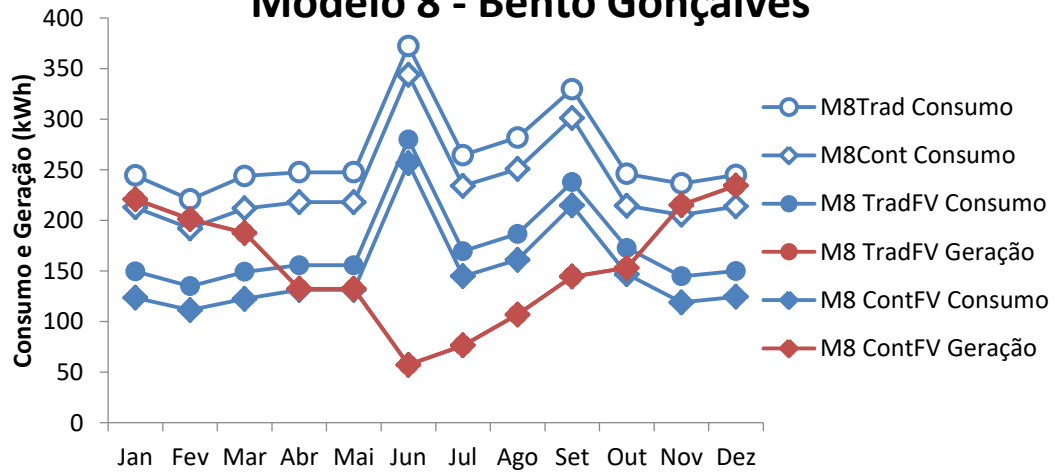
Modelo 6 - Bento Gonçalves



Modelo 7 - Bento Gonçalves



Modelo 8 - Bento Gonçalves



Modelo 1 - São Paulo

