

MATHEUS GOMES RODRIGUES, DENISE MÔNACO DOS SANTOS E JOYCE CORRENA CARLO

Simulação energética de unidades habitacionais baseada em usuários com modos de vida contemporâneo e tradicional

Energy simulation of housing units based on users with contemporary and traditional lifestyles

Matheus Gomes Rodrigues

Arquiteto e Urbanista pela Universidade Federal de Viçosa (2017). Atualmente é mestrando no Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo (PPG.au/DAU-UFV) na área de Comportamento Ambiental do Espaço Construído. Bolsista da CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior. Desenvolve pesquisa na área de Planejamento e Avaliação do Espaço Construído, na linha de Comportamento Ambiental do Espaço Construído, com foco no desempenho energético de unidades habitacionais representativas em face do novo modelo tarifário e geração distribuída.

Architect and Urbanist at the Federal University of Viçosa (2017). Master student at the Postgraduate Program in Architecture and Urbanism (PPG.au/DAU-UFV) at the Environmental Performance of Constructed Space. Scholarship holder from CAPES - Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel. Researcher of Planning and Evaluation of Constructed Space, in the research line of the Environmental Performance of Constructed Space, focusing on the energy performance of representative housing units in view of the new tariff model and distributed generation.

matheus.gr6@gmail.com

Denise Mônaco dos Santos

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (1992, EESC-USP), mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2002, EESC-USP), doutorado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de São Paulo (2008, EESC-USP) com pós-doutorado na Universidade de São Paulo (2013, IAU-USP). É Professora Adjunta no Departamento de Arquitetura e Urbanismo da UFV Universidade Federal de Viçosa, ministra disciplinas na área de teoria e história contemporânea na graduação e mestrado. Coordena o Nó.Lab Laboratório de Modelagem Digital do DAU UFV. Foi pesquisadora no Nomads.usp Núcleo de Estudos de Habitares Interativos do IAU-USP entre 1998 e 2014. Atua principalmente em estudos ligados às interfaces entre arquitetura, cidade e meios digitais; e processos digitais de projeto.

Architect and Urbanist at the University of São Paulo (1992, EESC-USP), Master's degree in Architecture and Urbanism at the University of São Paulo (2002, EESC-USP) and Ph.D. in Architecture and Urbanism at the University of São Paulo (2008, EESC-USP) with post-doctorate at the University of São Paulo (2013, IAU-USP). Works as an Adjunct Professor in Architecture and Urbanism Department at the Federal Uni-

versity of Viçosa (DAU / UFV) and teaches subjects of theory and contemporary history in graduate and masters' degree programme. Coordinates the Nó.Lab - Digital Modeling Laboratory of DAU / UFV. Was a researcher at the Nomads.usp - Interactive Housing Studies Center (1998 / 2014). It mainly studies the interfaces between architecture, city and digital media; and digital processes of design.

denise.monaco@ufv.br

Joyce Correna Carlo

Possui graduação em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Minas Gerais (1997), especialização em Análise Urbana pela Universidade Federal de Minas Gerais (1999) e mestrado (2002) e doutorado (2008) em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina. Tem pós-doutorado pela Universidade Federal de Santa Catarina e é professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Viçosa desde agosto de 2009. Tem experiência na área de Arquitetura Bioclimática, Eficiência Energética e Simulações Termo-energéticas e de Iluminação, tendo realizado consultorias e projetos arquitetônicos. Ministra disciplinas nas referidas áreas, tanto para graduação quanto para mestrado. Participou da elaboração dos regulamentos de etiquetagem de edifícios do Inmetro. É atualmente especialista em eficiência energética de edificações para acreditação de organismos de inspeção pelo Inmetro e participante da Rede de Eficiência Energética de Edificações e da Secretaria Técnica do PBE Edifica.

Architect and Urbanist at the Federal University of Minas Gerais (1997), Specialist in Urban Analysis at the Federal University of Minas Gerais (1999), master's degree (2002) and Ph.D. (2008) in Civil Engineering at the Federal University of Santa Catarina. Post-doctorate at the Federal University of Santa Catarina and professor in the Architecture and Urbanism Department at the Federal University of Viçosa, since August 2009. Has experience in Bioclimatic Architecture, Energy Efficiency, Thermal Energy simulations and Daylighting simulations, making consulting services and Architectural Designs. Teaches in these areas for graduate and masters' degree programme. Participated in the drafting of Inmetro's building labelling regulations. Currently, works as a building energy efficiency specialist for accreditation of the inspection agencies by Inmetro and participant in the Building Energy Efficiency Network and in the PBE Edifica Technical Secretariat.

joycecarlo@ufv.br

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-chave: Simulação. Consumo energético. Unidades Habitacionais. Modo de vida. 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.

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/Eletrobrás (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).

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/Eletrobrás (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 18h), 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.

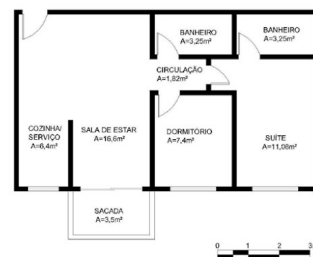
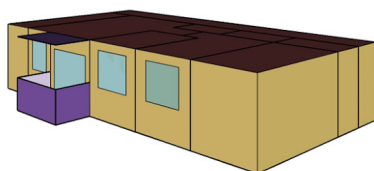
Método

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 [1].

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 estilos 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.

Modelo 1



Modelo 7

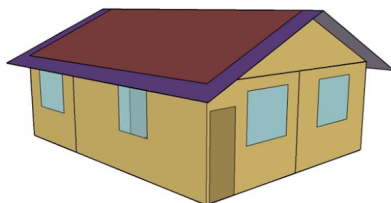


FIGURA 1- Modelo 3D e Planta dos modelos 1 e 7.

Fonte: Adaptado de Telles (2016).

Perfis familiares de consumo

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 [2] um diagrama que mostra em verde os dados obtidos e em azul as fontes relacionadas para obtenção destes. E no Quadro [1] são apresentados os perfis definidos para cada modelo.

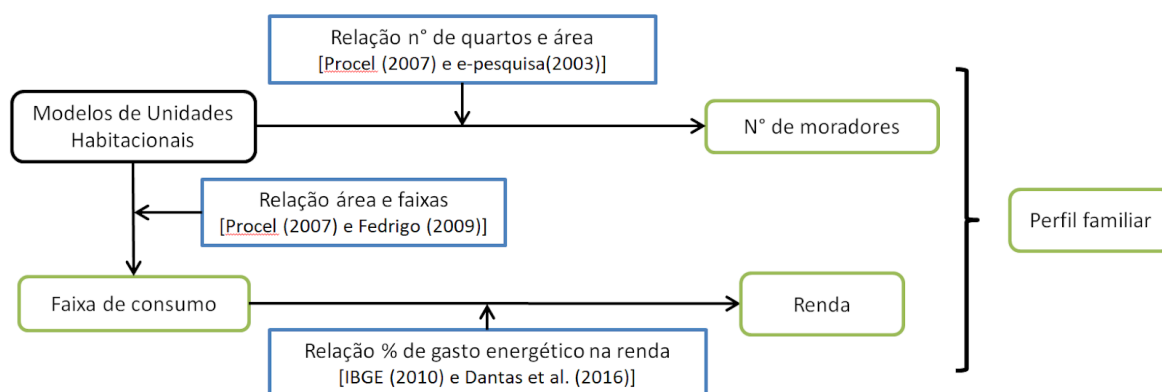


FIGURA 2- Definição dos perfis familiares.

Fonte: elaborado pelo autor.

	Mod. 1	Mod. 2	Mod.3	Mod.4	Mod. 5	Mod. 6	Mod. 7	Mod. 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
N° de hab.	3	3	4	4	2	3	3	4
Renda (n° 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

QUADRO 1- Perfis definidos.

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.

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 [3], [4], [5] e [6] que foram o cenário de uso de energia para o Modelo 1.

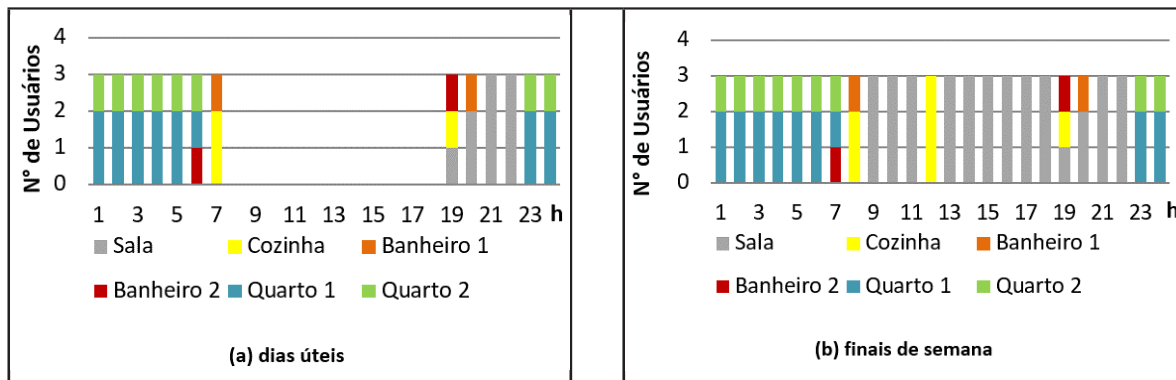


FIGURA 3 - Padrão de ocupação contemporâneo para (a) dias úteis e (b) finais de semana. Fonte: elaborado pelo autor.

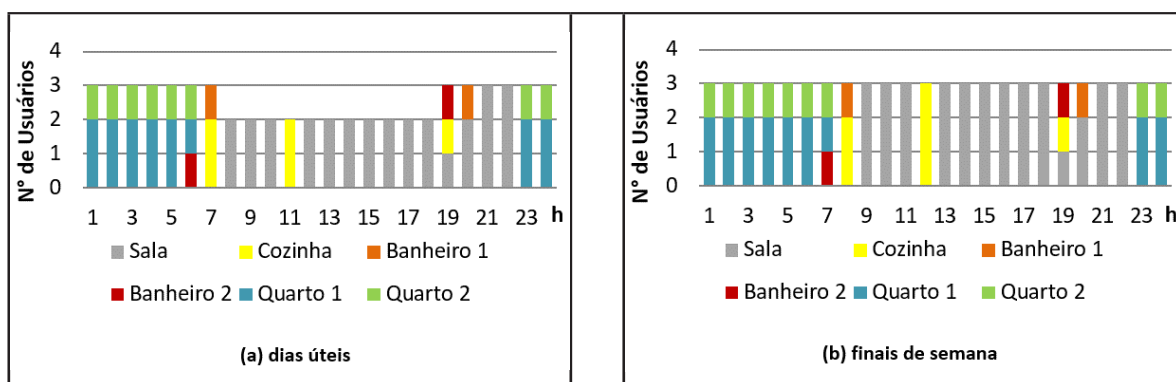


FIGURA 4 - Padrão de ocupação tradicional para (a) dias úteis e (b) finais de semana. Fonte: elaborado pelo autor.

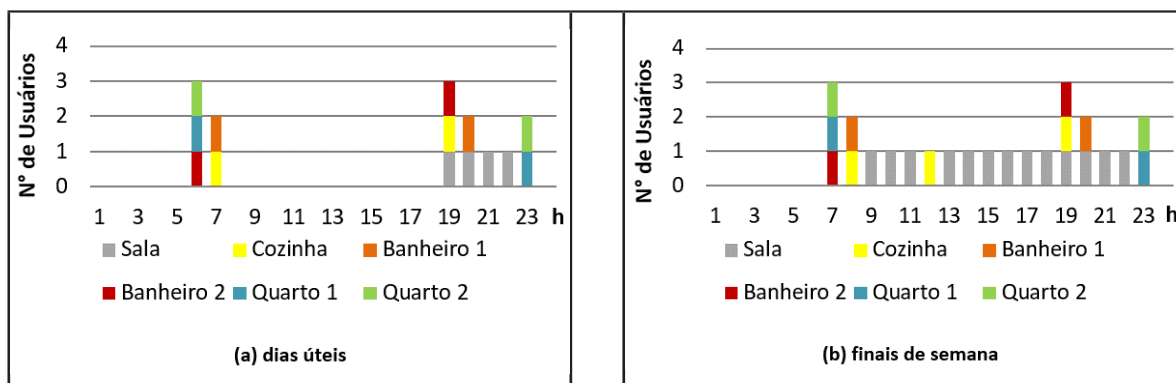


FIGURA 5 - Padrão de uso de equipamentos contemporâneo para (a) dias úteis e (b) finais de semana. Fonte: elaborado pelo autor.

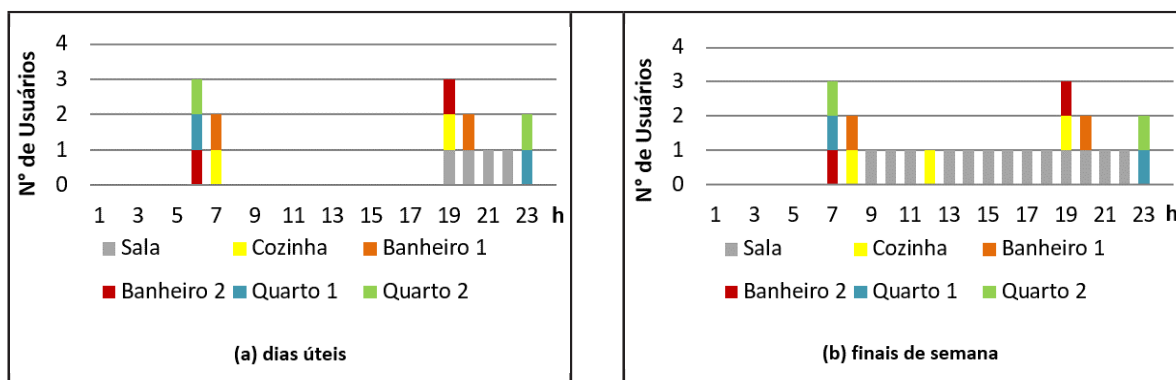


FIGURA 6 - Padrão de uso de equipamentos tradicional (a) dias úteis e (b) finais de semana. Fonte: elaborado pelo autor.

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 [2]. 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.

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

QUADRO 2- Posse de equipamentos por faixas de renda e suas potências.

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.

Simulação e calibração

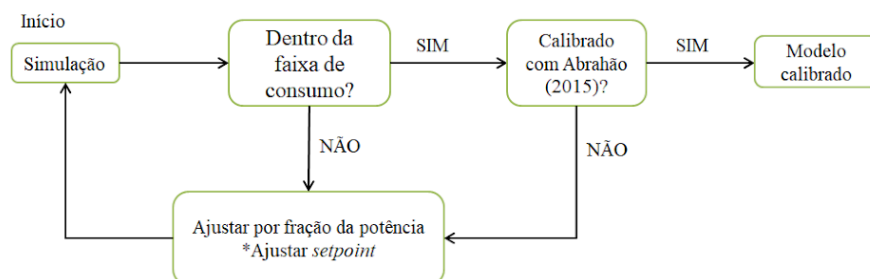
Nesta etapa foram realizadas as simulações dos oito modelos de unidades habitacionais, com ambientes de permanência prolongada condicionados por splits com uso do EnergyPlus versão 8.7 e arquivos climáticos TMY Inmet 2016. As simulações horárias se deram para o ano completo com passo de tempos de 10 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.

Calibração com usos finais

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 [7].

FIGURA 7 - 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 Abrahão (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 [1], para o Modelo 1 com modo de vida contemporâneo em São Paulo.

Categorias	Inicial		Calibrado		Percentuais de Abrahão e faixa prevista
	Consumo (kWh)	Percentual	Consumo (kWh)	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%

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

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.

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.

Percentuais de uso dos equipamentos

A Tabela [2] 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 657 kWh/ano em Bento Gonçalves e São Paulo, respectivamente, devido ao clima do Norte ter somente condições de verão.

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	Cont.	94	129	101	788	613	267	1992
		Trad.	128	182	195	657	613	375	2150
	kWh/m ²	Cont.	1,8	2,4	1,9	14,8	11,5	5	37
		Trad.	2,4	3,4	3,6	12,3	11,5	7	40
	kWh/morador	Cont.	31,5	42,9	33,6	262,8	204,4	88,8	664
		Trad.	42,7	60,6	64,8	219	204,4	125	717
São Paulo	kWh	Cont.	94	105	76	658	613	105	1652
		Trad.	128	175	132	658	613	103	1809
	kWh/m ²	Cont.	1,8	2	1,4	12,3	11,5	2	31
		Trad.	2,4	3,3	2,5	12,3	11,5	1,9	34
	kWh/morador	Cont.	31,5	35,1	25,2	219	204,4	35,1	551
		Trad.	42,7	58,3	44,1	219	204,4	34,4	603
Belém	kWh	Cont.	61	129	25	33	920	658	1825
		Trad.	128	212	117	33	920	726	2135
	kWh/m ²	Cont.	1,1	2,4	0,5	0,6	17,3	12,3	34
		Trad.	2,4	4	2,2	0,6	17,3	13,6	40
	kWh/morador	Cont.	20,4	42,9	8,4	11	306,6	219,2	608
		Trad.	42,7	70,7	38,9	11	306,6	241,9	712

TABELA 2 - Usos Finais por ano do Modelo 1.

Fonte: Elaborado pelo autor.

As médias mensais do consumo anual são apresentadas por categoria de uso na Tabela [3] 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)	
		Cont.	Trad.	Cont.	Trad.	Cont.	Trad.
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	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	8,1	11	5,2	11
	Lazer	10,7	18,1	8,8	14,6	10,7	20,2
	Serviços Gerais	8,4	16,5	6,3	11	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	7,4	11,8	1,8	9,4
	Lazer	9	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	87,6
	Conforto Ambiental	33	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	4	8	4	7,1
	Serviços Gerais	4	5,2	2	5,2	2	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	34,3
	Conforto Ambiental	14,8	9	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	13,9	8	13,9	8	13,9
	Serviços Gerais	7,6	13	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	13,9	8	13,9	8	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	27	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	28,4	18,2	17,6	111,2	109,9
	Total	237	268	233	264	304	305

TABELA 3 - 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 [8] a [10], para o Modelo 1. 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 [3].

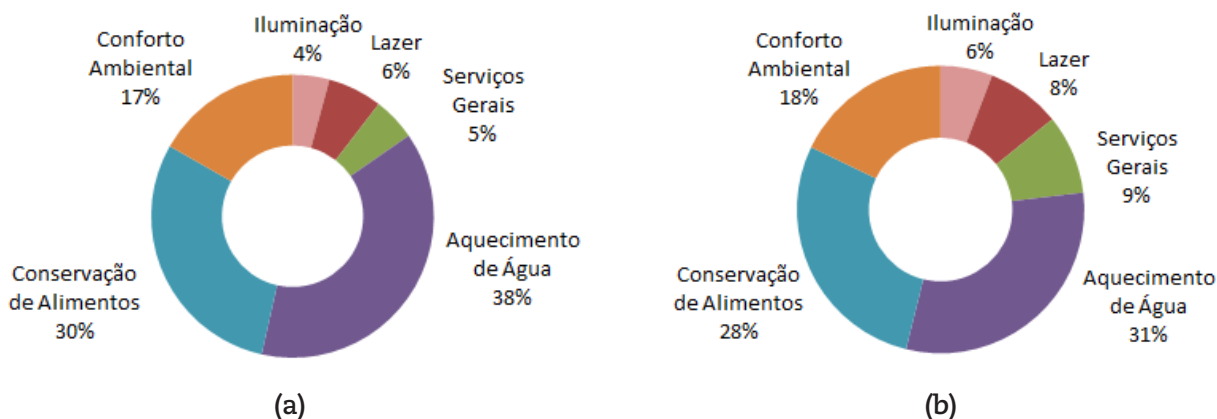


Figura 8 - Usos finais do Modelo 1 em Bento Gonçalves Contemporâneo (a) Tradicional (b).

Fonte: elaborado pelo autor

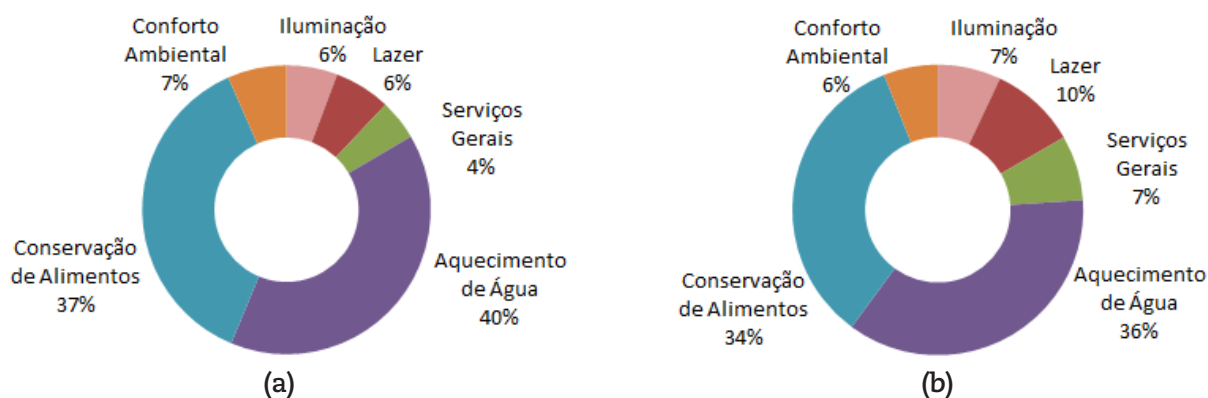


Figura 9 - Usos finais do Modelo 1 em São Paulo Contemporâneo (a) Tradicional (b).

Fonte: elaborado pelo autor

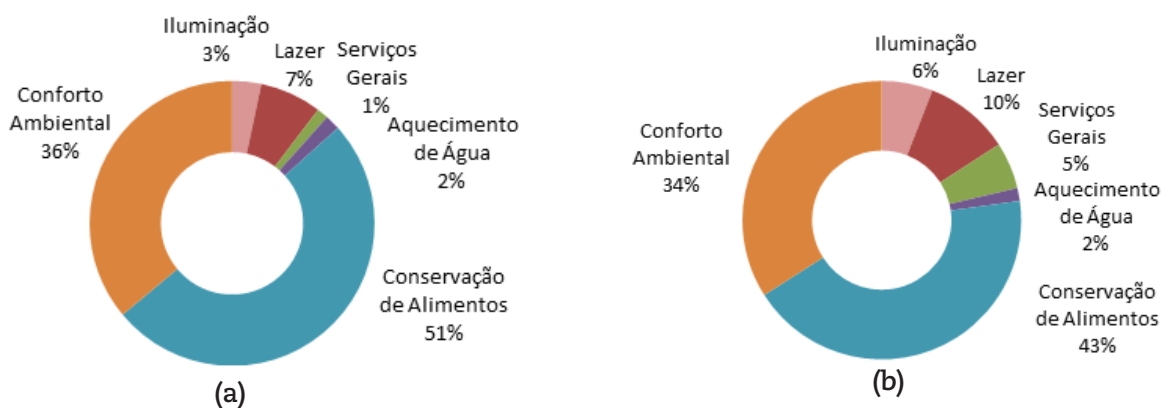


Figura 10 - Usos finais do Modelo 1 em Belém Contemporâneo (a) Tradicional (b).

Fonte: elaborado pelo autor

Pode-se observar na Figura [11] 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, 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 nas Figura [11]. 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.

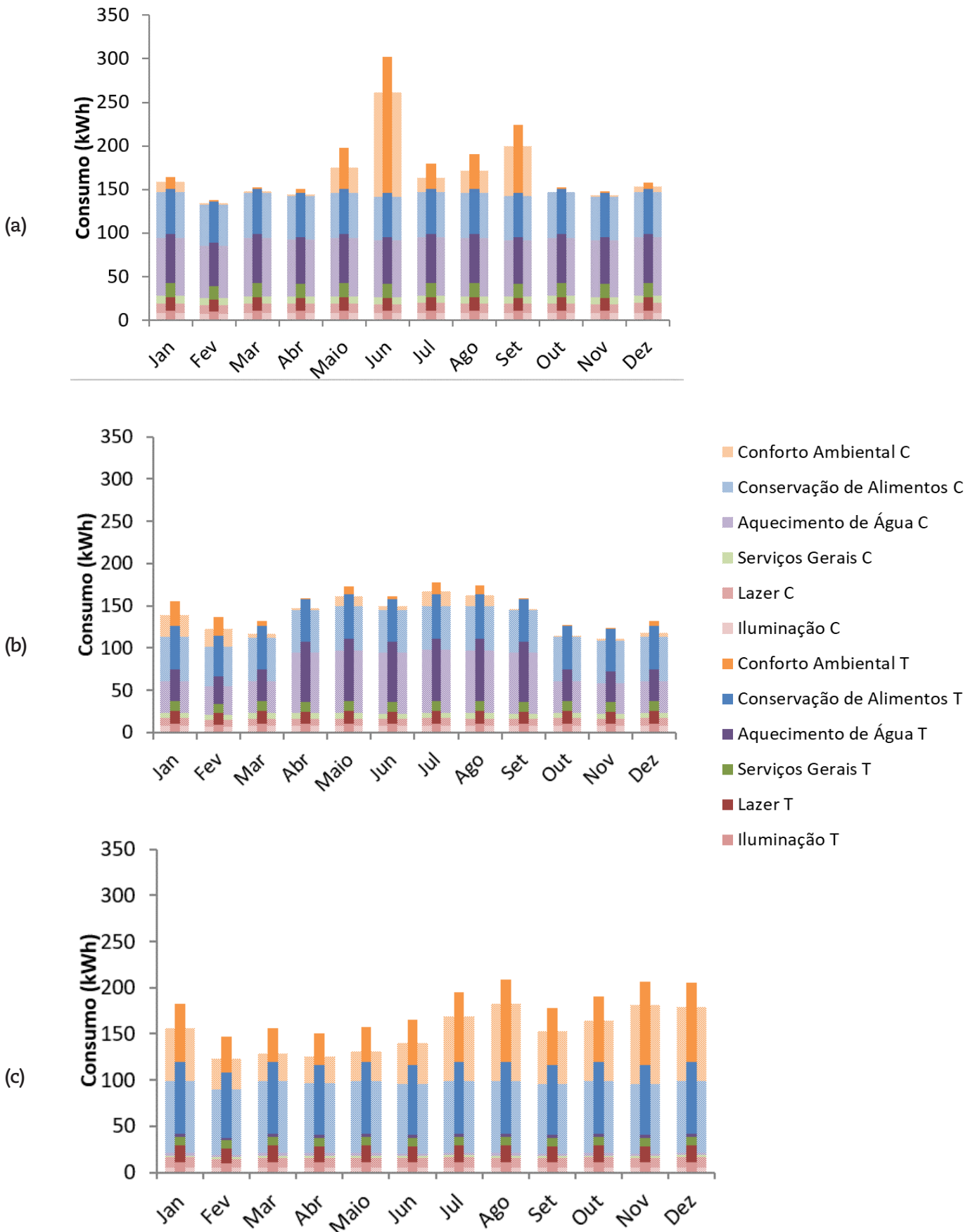


Figura 11 - Consumo mensal por categoria. (a) Bento Gonçalves (b) São Paulo (c) Belém.

Fonte: elaborado pelo autor

Curvas de carga

As curvas apresentaram o mesmo padrão em diversos modelos dentro de cada localidade, como visto nas Figuras [12] a [15], 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 [12] a [15], 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 [13] e [14].

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.

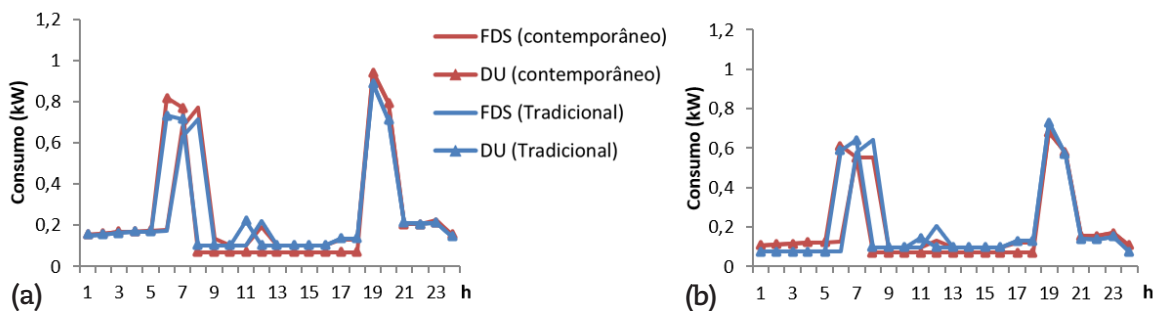


Figura 12 - Curvas de carga em Bento Gonçalves para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).

Fonte: elaborado pelo autor

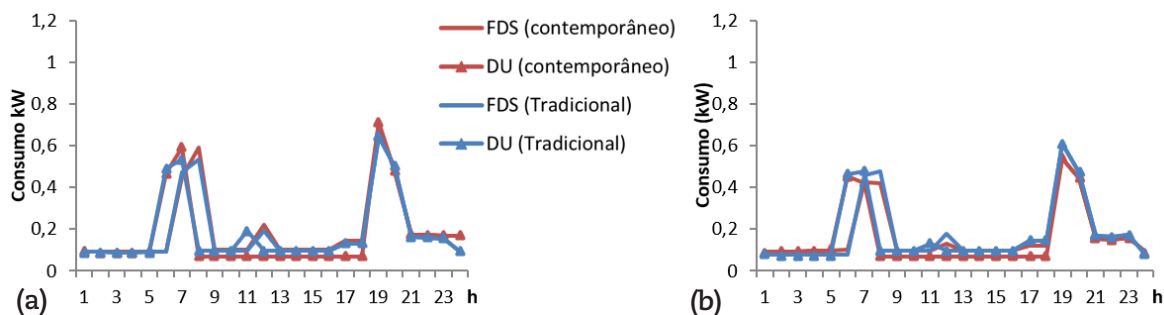


Figura 13 - Curvas de carga para verão em São Paulo para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).

Fonte: elaborado pelo autor

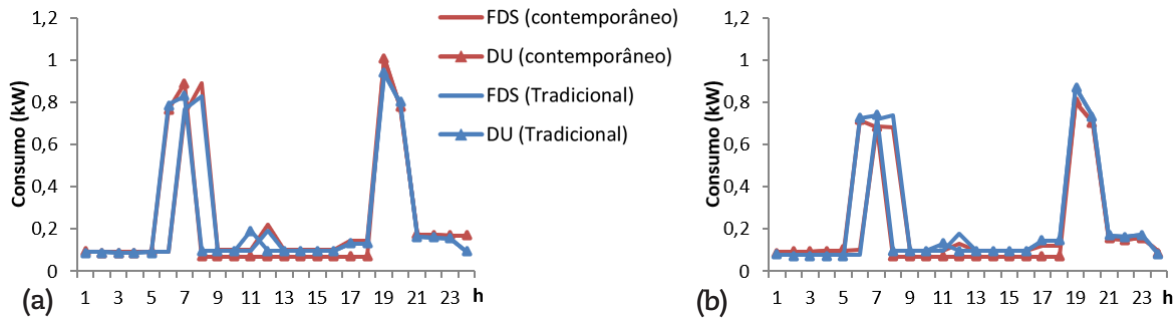


Figura 14 - Curvas de carga para inverno em São Paulo para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).

Fonte: elaborado pelo autor

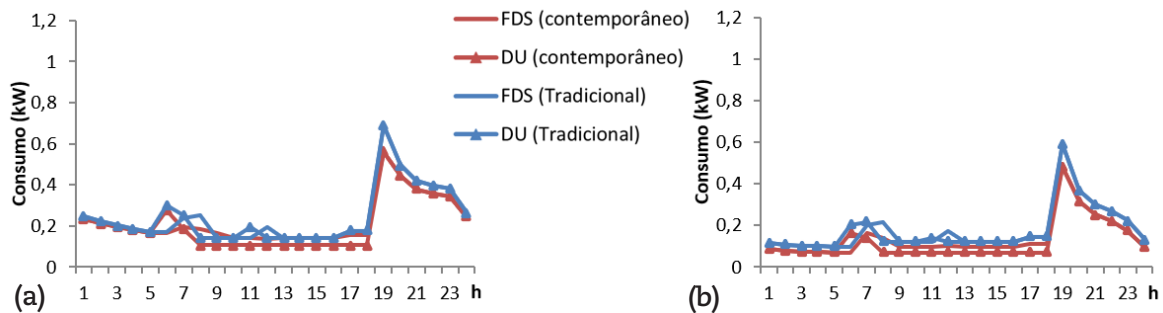


Figura 15 - Curvas de carga em Belém para Modelo 1(a) e Modelo 7(b).

Fonte: elaborado pelo autor

Considerações Finais

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 disponíveis mais recentes, os perfis familiares com dados de renda e faixa de consumo, os padrões de uso e ocupação baseados nos modos de vida e hábitos de morar e consumir, 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 utilizados tanto para definição dos perfis e equipamentos, quanto para calibração.

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.

Agradecimentos

À Capes, Cemig-D e ao PPG.au UFV, pelo financiamento, suporte e apoio necessário para realização deste trabalho.

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.

BRAGA, G. B.; FIÚZA, A. L. C.; REMOALDO, P. C. A. O conceito de modo de vida: entre traduções, definições e discussões. **Sociologias**, n. 45 (ano 19), p. 370-396, 2017.

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.

HOLTINEN, 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. **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.

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.

TEIXEIRA, C. A.; INVIDIATA, A.; SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; FOSSATI, M. LAMBERTS, R. **Levantamento das características de edifícios residenciais brasileiros**. 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.

RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvo guardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (issn 2675-0392) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma online a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

Submissão:11/04/2019

Aceite:20/07/2019