



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

JÉSSICA CASTOLDI PICCHI CIAPPINA

**DETERMINAÇÃO DOS PADRÕES DE USO E FATORES DE
INFLUÊNCIA NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
EDIFÍCIOS COMERCIAIS**

Londrina
2020

JÉSSICA CASTOLDI PICCHI CIAPPINA

**DETERMINAÇÃO DOS PADRÕES DE USO E FATORES DE
INFLUÊNCIA NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM
EDIFÍCIOS COMERCIAIS**

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Thalita Gorban Ferreira Giglio

Londrina
2020

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Ciappina, Jéssica Castoldi Picchi.

Determinação dos padrões de uso e fatores de influência no consumo de energia elétrica em edifícios comerciais / Jéssica Castoldi Picchi Ciappina. - Londrina, 2020.
146 f.

Orientador: Thalita Gorban Ferreira Giglio.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2020.
Inclui bibliografia.

1. Eficiência energética em edificações - Tese. 2. Padrões de uso de energia - Tese. I. Giglio, Thalita Gorban Ferreira. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Tecnologia e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. III. Título.

CDU 62

JÉSSICA CASTOLDI PICCHI CIAPPINA

**DETERMINAÇÃO DOS PADRÕES DE USO E FATORES DE
INFLUÊNCIA NO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA EM EDIFÍCIOS
COMERCIAIS**

Dissertação apresentada ao curso de pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Estadual de Londrina, como requisito para obtenção do título de Mestre.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Prof.^a Dr.^a Thalita Gorban Ferreira
Giglio
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof.^a Dr.^a Camila Gregório Atem
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr.^a Marieli Azoia Lukiantchuki
Universidade Estadual de Maringá

Londrina, 27 de agosto de 2020.

AGRADECIMENTOS

À Deus, primeiramente, por me capacitar, por me fortalecer, e me abençoar com a realização desta pesquisa.

Aos meus pais, e meus queridos irmãos, pelo constante amor, suporte e incentivo que sempre me concederam.

Ao meu marido, pela compreensão, companheirismo e contínuo apoio para alcançar mais essa conquista.

Aos meus avós, pelo carinho e aprendizados na companhia deles.

À minha orientadora Prof. Thalita Giglio, pela sua confiança, dedicação e disposição durante o desenvolvimento da pesquisa, pelos ensinamentos e a amizade durante todo o processo.

Às professoras Camila Atem e Marieli Lukiantchuki pelas contribuições feitas a esta pesquisa.

À professora Mariana Urbano do Departamento de Estatística, pelo suporte na etapa inerente à estatística.

À aluna Amanda, de iniciação científica, pelo auxílio na organização e aplicação dos questionários.

Ao Sr. Otávio, responsável administrativo no edifício de estudo, pela receptividade, apoio e paciência na etapa de coleta dos dados.

Às empresas, escritórios, proprietários e funcionários do edifício de estudo, pela participação e contribuição com os dados da pesquisa.

À minha amiga Thamara, pelo incentivo e por me apresentar o programa de pós-graduação em engenharia civil da UEL.

Aos companheiros de laboratório Nádia, Vanessa e Guilherme, pela companhia durante o desenvolvimento da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo auxílio financeiro concedido.

*“Por vezes sentimos que aquilo que
fazemos não é senão uma gota de água
no mar. Mas o mar seria menor se lhe
faltasse uma gota.”
Madre Teresa de Calcutá*

CIAPPINA, Jéssica Castoldi Picchi. **Determinação dos padrões de uso e fatores de influência no consumo de energia elétrica em edifícios comerciais.** 2020. 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

RESUMO

A redução do consumo de energia nas edificações comerciais possui uma significativa contribuição para contenção dos gases do efeito estufa. Em virtude disso, a previsão do consumo energético por meio de simulações termoenergéticas, favorece o delineamento de estratégias para atingir um desempenho energético satisfatório no edifício. No entanto, há uma diferença significativa entre o consumo de energia estimado e o consumo real aferido nos edifícios. Um dos motivos mais relevantes desta disparidade está na influência do comportamento do usuário no momento do uso e operação dos sistemas. Contudo, o comportamento do usuário relacionado ao uso de energia é de difícil definição e quantificação, pois há diversos fatores que influenciam suas ações durante o uso dos sistemas. Nessa perspectiva, este trabalho analisa a influência do usuário no consumo de energia levando em consideração o conjunto de fatores e a sinergia existente na operação dos sistemas de janela, elemento interno de sombreamento, iluminação e ar condicionado. Para isso, foi realizada uma pesquisa de campo em um edifício comercial, com levantamento de dados por meio de entrevistas, medições, observações e coleta do consumo de energia. Prosseguiu-se com o método estatístico de análise de cluster que identificou cinco grupos de padrões de uso em um edifício comercial de clima subtropical, e com o teste qui-quadrado foi possível verificar a influência dos fatores nos agrupamentos. Mediante a caracterização e análise dos padrões de uso, foi constatado que todos operam os sistemas artificiais, porém nem todos interagem com as janelas e persianas. O principal fator utilizado para diferenciação entre clusters foi a frequência no uso da ventilação natural, persianas e ar condicionado. 33% dos usuários relataram preferência por ventilação natural, enquanto que 39% apresentaram preferência pelo condicionamento artificial. O maior uso do condicionamento artificial ocorre na fachada leste. Mesmo com um vidro eficiente, o excesso de área envidraçada resultou em uma frequência 20% maior no uso do condicionamento artificial destes usuários. Quanto aos principais fatores que se assemelharam entre os grupos, foram o ruído externo, uma média de 59 dB com as janelas abertas na fachada leste, e o hábito de ligarem a iluminação artificial no momento de chegada. Os resultados da pesquisa evidenciam a heterogeneidade existente no comportamento do usuário em relação ao uso de energia e a impossibilidade de se obter um modelo único de padrão de uso para ambientes comerciais e de prestação de serviços.

Palavras-chave: Comportamento do usuário. Padrões de uso de energia. Operação nos sistemas do edifício. Fatores de influência. Análise de cluster.

CIAPPINA, Jéssica Castoldi Picchi. **Determination of behavior patterns and influencing factors on energy consumption in commercial buildings.** 2020. 148 p. Dissertation (Mastering in Civil Engineering) – State University of Londrina, Londrina, 2020.

ABSTRACT

The reduction of energy consumption of commercial buildings holds a significant contribution on the containment of greenhouse gases. Due to this, the prediction of energy consumption through thermal energy simulation promotes the establishment of strategies to achieve a satisfactory energy performance of buildings. Nevertheless, there is a significant difference between estimated energy consumption and real measured consumption in buildings. One of the most relevant reasons for such disparity is due to the influence of the user behavior in the moment of systems' usage and operation. However, the user behavior related to the use of energy is difficult to define and quantify, once several factors might influence user actions throughout system usage. Within this perspective, this research analyzes the user influence in energy consumption taking into consideration the set of factors and the existent synergy in the windows system operation, internal element of shading, illumination, and air conditioning. To do so, a field research was made in a commercial building, with data collection through interviews, measurements, observations and energy consumption gathering. Proceeded with statistical methods of cluster analysis that identified the pattern of five typical groups usage in a commercial building within a subtropical climate, along with qui-square test, it was possible to verify the influence of factors within the clusters. By means of characterization and analysis of use patterns, it was found that all operate artificial systems, although not all of them interact with windows and blinds. The main factor used to differentiate the clusters was the frequency in the use of natural ventilation, shutters, and air conditioning. 33% of the users reported preference to natural ventilation, while 39% showed preference to artificial conditioning. The major use of artificial conditioning takes place at the east façade. Even with an efficient glass, the excess of the glazing area resulted in a frequency 20% greater in the use of artificial conditioning of such users. The major factors common between the groups were external noise, an average of 59 dB with windows opened in the east façade, and the habit of turning on artificial illumination at the arrival. The research's results evidence the existence of a heterogeneity user behavior in relation to energy use and the impossibility of a single model of use pattern to commercial and service supply environments.

Keywords: User behavior. Energy use patterns. Building systems operation. Influencing factors. Cluster analysis.

LISTA DE FIGURAS

| | | |
|------------------|---|----|
| Figura 1 | Drivers que influenciam no comportamento dos usuários relacionados à energia..... | 22 |
| Figura 2 | Needs que influenciam no comportamento dos usuários relacionados à energia..... | 22 |
| Figura 3 | Esquema da estrutura das com exemplo de múltiplas ações para um mesmo driver e need | 23 |
| Figura 4 | Fatores que influenciam na operação de janelas, persianas e iluminação..... | 28 |
| Figura 5 | Taxa de consumo de energia por categoria de usuário | 32 |
| Figura 6 | Esquema de abertura/fechamento das persianas..... | 34 |
| Figura 7 | Fração de uso diários do ventilador, aquecedor e janela durante uma semana para cada estação do ano | 36 |
| Figura 8 | Distribuição da operação do ar condicionado em cada estação do ano | 37 |
| Figura 9 | Possibilidades de mudança do estado da janela em diferentes períodos de tempo quando está fechada (a) e aberta (b) antes da chegada do usuário..... | 39 |
| Figura 10 | Relação entre temperatura externa e probabilidade de abertura da janela | 40 |
| Figura 11 | Esquema dos drivers que foram investigados..... | 48 |
| Figura 12 | Implantação esquemática do entorno imediato da edificação do estudo de caso..... | 51 |
| Figura 13 | Imagens das fachadas da edificação do estudo de caso..... | 51 |
| Figura 14 | Planta baixa do pavimento tipo do edifício de estudo de caso..... | 52 |
| Figura 15 | Componente construtivo das paredes externas do edifício de estudo | 53 |
| Figura 16 | Planta das aberturas de todas as fachadas do edifício de estudo | 54 |
| Figura 17 | Seção das aberturas de todas as fachadas do edifício de estudo | 54 |
| Figura 18 | Pontos estabelecidos para caracterizar a localização do usuário | 63 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 19 | Instrumentos de medição instantânea | 68 |
| Figura 20 | Quantidade de salas analisadas por natureza das atividades | 82 |
| Figura 21 | Consumo de energia mensal em um ano para cada natureza de atividade..... | 83 |
| Figura 22 | Consumo de energia e taxa de ocupação em cada natureza de atividade..... | 84 |
| Figura 23 | Variabilidade dos fatores referentes ao driver espaço | 85 |
| Figura 24 | Comparativo do intervalo do consumo de energia entre as salas de grande porte com as demais..... | 86 |
| Figura 25 | Variabilidade dos fatores referentes aos drivers tempo e condições ambientais..... | 87 |
| Figura 26 | Estados dos sistemas e condições ambientais em cada momento do dia | 88 |
| Figura 27 | Variabilidade dos fatores referentes ao driver sistema | 90 |
| Figura 28 | Variabilidade dos fatores referentes ao driver usuário | 92 |
| Figura 29 | Padrão de ocupação no edifício estudo de caso..... | 93 |
| Figura 30 | Relação da quantidade de horas ocupadas com o consumo energético | 94 |
| Figura 31 | Frequência de operação em cada sistema analisado | 95 |
| Figura 32 | Influência do fator layout na frequência de operação dos sistemas analisados..... | 96 |
| Figura 33 | Distribuição dos usuários entrevistados..... | 97 |
| Figura 34 | Influência do fator de localização do usuário na frequência de operação dos sistemas analisados | 97 |
| Figura 35 | Influência dos fatores gênero, idade e atividade dos usuários na frequência de operação dos sistemas analisados – a) janelas e persianas e b) iluminação artificial e ar condicionado... | 99 |
| Figura 36 | Influência dos fatores perfil de consumo e responsabilidade no pagamento da conta de energia na frequência de operação dos sistemas analisados..... | 100 |
| Figura 37 | Porcentual dos usuários em cada categoria de perfil de consumo | 101 |
| Figura 38 | Motivos dos usuários operarem ou não as janelas | 102 |
| Figura 39 | Condições dos usuários abrirem e fecharem as janelas | 102 |

| | | |
|------------------|--|-----|
| Figura 40 | Motivos dos usuários operarem ou não as persianas | 103 |
| Figura 41 | Condições dos usuários abrirem e fecharem as persianas..... | 104 |
| Figura 42 | Motivos dos usuários operarem ou não a iluminação artificial ... | 105 |
| Figura 43 | Condições dos usuários ligarem e desligarem a iluminação artificial | 105 |
| Figura 44 | Motivos dos usuários operarem ou não o ar condicionado | 106 |
| Figura 45 | Condições dos usuários ligarem e desligarem o ar condicionado | 107 |
| Figura 46 | Temperatura que os usuários costumam programar o ar condicionado..... | 107 |
| Figura 47 | Variáveis mais influentes na formação dos agrupamentos de usuários | 109 |
| Figura 48 | Variáveis menos influentes na formação dos agrupamentos de usuários | 109 |
| Figura 49 | Silhueta de coesão e separação do agrupamento dos usuários | 110 |
| Figura 50 | Proporção dos clusters no agrupamento dos usuários | 111 |
| Figura 51 | Diagrama de perfil dos clusters de usuários | 112 |
| Figura 52 | Fatores de influência nas atitudes e no comportamento dos clusters..... | 115 |
| Figura 53 | Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C1 | 116 |
| Figura 54 | Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C2..... | 117 |
| Figura 55 | Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C3..... | 118 |
| Figura 56 | Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C4..... | 119 |
| Figura 57 | Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C5..... | 120 |

LISTA DE TABELAS

| | | |
|------------------|---|-----|
| Tabela 1 | Mapeamento dos dados necessários para estudos de padrões comportamentais em operação de janelas, persianas, iluminação e ar condicionado..... | 31 |
| Tabela 2 | Programação das categorias de padrões comportamentais dos usuários | 33 |
| Tabela 3 | Aspectos favoráveis e desfavoráveis dos métodos utilizados para obter padrões de uso | 45 |
| Tabela 4 | Definição dos fatores relacionados ao driver fixo edifício | 49 |
| Tabela 5 | Definição dos fatores relacionados ao driver espaço | 56 |
| Tabela 6 | Definição dos fatores relacionados ao driver tempo | 57 |
| Tabela 7 | Definição dos fatores relacionados ao driver condições ambientais..... | 58 |
| Tabela 8 | Definição dos fatores relacionados ao driver sistema | 59 |
| Tabela 9 | Definição dos fatores relacionados ao driver usuário..... | 61 |
| Tabela 10 | Parâmetros da edificação de estudo..... | 78 |
| Tabela 11 | Propriedades termofísicas das paredes externas e aberturas da edificação de estudo | 79 |
| Tabela 12 | Relação das salas e usuários entrevistados | 81 |
| Tabela 13 | Estado das janelas e nível de pressão sonora médio em relação a orientação solar da fachada | 89 |
| Tabela 14 | Quantidade de sistemas operados pelos usuários..... | 95 |
| Tabela 15 | Fatores que apresentaram diferença entre os padrões de uso.. | 123 |

LISTA DE QUADROS

| | | |
|-----------------|---|----|
| Quadro 1 | Etapas de desenvolvimento da pesquisa..... | 48 |
| Quadro 2 | Pontos estabelecidos para caracterizar a localização do usuário | 62 |
| Quadro 3 | Padrões de vestimenta definidos para análise da pesquisa | 63 |
| Quadro 4 | Níveis da taxa metabólica definidos para análise da pesquisa | 64 |

SUMÁRIO

| | | |
|----------|--|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | OBJETIVO GERAL | 17 |
| 1.2 | OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 18 |
| 2.1 | COMPORTAMENTO DO USUÁRIO NO USO DE ENERGIA DO EDIFÍCIO | 18 |
| 2.1.1 | Fatores de Influência | 18 |
| 2.1.2 | Relação dos Fatores na Operação dos Sistemas | 24 |
| 2.1.2.1 | Fatores que influenciam na operação das janelas..... | 24 |
| 2.1.2.2 | Fatores que influenciam na operação dos elementos internos de sombreamento..... | 25 |
| 2.1.2.3 | Fatores que influenciam na operação do sistema de iluminação artificial | 27 |
| 2.1.2.4 | Fatores que influenciam na operação do ar condicionado | 28 |
| 2.2 | PADRÕES COMPORTAMENTAIS NA OPERAÇÃO DOS SISTEMAS | 30 |
| 2.2.1 | Padrões de Uso | 31 |
| 2.2.2 | Padrões de Uso Presentes na Regulamentação de Eficiência Energética | 40 |
| 2.3 | MÉTODOS PARA DETERMINAR PADRÕES DE USO | 42 |
| 2.3.1 | Coleta de dados..... | 43 |
| 2.3.2 | Métodos estatísticos | 44 |
| 3 | MÉTODO DE PESQUISA | 47 |
| 3.1 | DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO | 49 |
| 3.2 | LEVANTAMENTO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA | 55 |
| 3.2.1 | Driver Espaço | 55 |
| 3.2.2 | Driver Tempo | 56 |
| 3.2.3 | Driver Condições Ambientais | 57 |
| 3.2.4 | Driver Sistema | 58 |
| 3.2.5 | Driver Usuário..... | 60 |
| 3.3 | COLETA DOS DADOS | 65 |
| 3.3.1 | Submissão da Pesquisa ao Comitê de Ética | 65 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 3.3.2 | Entrevista com os Usuários do Edifício | 66 |
| 3.3.3 | Medição | 67 |
| 3.3.4 | Levantamento do Consumo de Energia Elétrica Mensal | 68 |
| 3.4 | PROCESSAMENTO DOS DADOS | 69 |
| 3.4.1 | Determinação dos Padrões de Uso: Análise de Cluster | 70 |
| 3.4.2 | Determinação da Influência dos Fatores nos Padrões de Uso | 75 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 78 |
| 4.1 | ANÁLISE DOS FATORES RELATIVOS AOS DRIVERS | 78 |
| 4.1.1 | Driver Edifício | 78 |
| 4.1.2 | Driver Espaço | 80 |
| 4.1.3 | Driver Tempo e Condições Ambientais | 86 |
| 4.1.4 | Driver Sistema | 90 |
| 4.1.5 | Driver Usuário | 91 |
| 4.2 | PADRÕES DE USO NO EDIFÍCIO EM ESTUDO | 108 |
| 4.3 | DEFINIÇÃO DOS FATORES INFLUENTES NO CONSUMO DE ENERGIA | 122 |
| 5 | CONCLUSÃO | 125 |
| 5.1 | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS | 128 |
| | REFERÊNCIAS | 129 |
| | APÊNDICE | 135 |

1 INTRODUÇÃO

O consumo de energia nas edificações representa parte relevante das emissões de gases do efeito estufa na atmosfera. De acordo com o Sistema de Informações Energéticas (MME, 2019), no Brasil foram emitidos 401 milhões de toneladas de CO₂ na atmosfera em 2019, sendo que, a geração de energia elétrica a partir de petróleo, gás natural e carvão mineral foram responsáveis pela emissão de 50 milhões de toneladas de CO₂. As perspectivas são de elevação desses números, visto que nas últimas duas décadas têm-se aferido um crescimento anual médio na emissão de CO₂ de 2,1% (EPE, 2019a).

Em relação ao consumo total de energia elétrica no Brasil, em 2018 atingiu-se 472.242 GWh, dos quais, as edificações do setor comercial e de serviços foram responsáveis por 18,80% desse consumo (EPE, 2019a), ou seja, 88.781 GWh. As projeções de consumo realizadas pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE), demonstram que o setor comercial sofrerá aumento na demanda energética, com uma previsão de crescimento na ordem de 4% ao ano (EPE, 2019b).

Neste contexto, pelo acordo de Paris firmado em 2015, o governo brasileiro assumiu o compromisso de reduzir as emissões de gases do efeito estufa em 37% até 2025 e em 43% até 2030, decisão consolidada com a Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada (BRASIL, 2015; BRASIL, 2017). Ao encontro desta meta, o Plano Nacional de Energia 2050 aponta uma expectativa de redução do consumo energético nas edificações, e para isso, se baseiam nos estudos de consumo estimado estabelecido pelas regulamentações de eficiência energética de edificações (EPE, 2016).

Atualmente, a metodologia detalhada pelo RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Público) auxilia na classificação de níveis de eficiência energética e dispõe de diretrizes projetuais que contribuem na redução do consumo de energia para estes modelos de edificação (CARLO; LAMBERTS, 2010; LOPES et al., 2016; FOSSATI et al., 2016). Com o aperfeiçoamento da metodologia, a nova proposta para mensurar o nível de eficiência em edifícios comerciais, de serviço e públicos, o INI-C (Instrução Normativa Inmetro – Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas), inclui o consumo de energia da edificação como parâmetro de avaliação. Assim, a classificação energética é realizada com base no consumo estimado, sendo

apresentado na etiqueta da edificação os dados previstos de consumo e emissão de CO₂ (INMETRO, 2018; DESTRO, 2019).

A quantificação do consumo estimado, pode ser obtida por meio de simulações de desempenho energético. No entanto, foram identificadas na literatura lacunas significativas entre o consumo de energia previsto nas simulações e o consumo real da edificação, o que destaca a necessidade de direcionar a atenção para a perspectiva prática (HOES et al., 2009; HONG E LIN, 2013; ROETZEL et al., 2014; HONG et al., 2016; GAENTANI; HOES; HENSEN, 2016).

Diversas pesquisas afirmam que um dos fatores mais relevantes nas incertezas entre o consumo real e aquele estimado por programas de simulação, está na influência do comportamento do usuário no momento de uso e operação dos sistemas (HALDI; ROBINSON, 2008; JANDA, 2011; GUNAY; O'BRIEN; MORRISON, 2013; HONG et al., 2016; JIA; SRINIVASAN; RAHEEM, 2017; VECCHI et al., 2017; MARKOVIC et al., 2018; BAVARESCO; GHISI, 2018). Ao analisar o mesmo edifício em diferentes climas, constata-se que as ações dos usuários podem contribuir com um aumento de 2,5 vezes no consumo final de energia (ROETZEL; TSANGRASSOULIS; DIETRICH, 2014).

A disparidade no consumo energético relativo aos usuários se concentra na diversidade de comportamentos e na forma como são operados os sistemas de janela, persiana, iluminação e ar condicionado para obter conforto, o que afeta o consumo de energia da edificação (HONG; LIN, 2013; HONG et al., 2015a; O'BRIEN et al., 2017). Mesmo quando a edificação é projetada de forma eficiente, caso os usuários não possuam o comportamento esperado, ou não utilizam de forma eficiente os sistemas, o consumo real será maior do que o previsto (YUN; KIM; KIM, 2012; RUPP; GHISI, 2013; WANG; GREENBERG, 2015; SANTESSO; CHVATAL, 2018).

Isso se deve ao fato das ações dos usuários serem influenciadas por inúmeros fatores (FABI et al., 2011), que podem estar relacionados a aspectos ambientais (FABI et al., 2012; O'BRIEN; GUNAY, 2014; STAZI; NASPI; D'ORAZIO, 2017); fisiológicos e psicológicos (FABI et al., 2012); contextuais (O'BRIEN et al., 2017); sociais (HONG et al., 2017) e; econômicos (KARJALAINEN, 2016; DELZENDEH et al., 2017).

Dessa forma, os pesquisadores Hoes et al. (2009), Janda (2011), Gunay, O'Brien e Morrison (2013), YAN et al. (2015), O'Brien et al. (2017), Jia, Srinivasan e Raheem (2017), Hong et al. (2017), Borgstein, Lamberts e Hensen (2018) e Zhang et

al. (2018) afirmam ser necessário compreender o comportamento do usuário e como operam os sistemas na edificação para gerenciar essa incerteza e obter uma melhor previsão do desempenho energético do edifício.

Nas simulações termoenergéticas utilizadas para previsões de consumo, o padrão de uso adotado não abrange todos os aspectos comportamentais dos usuários. Deste modo, a lacuna entre a programação das simulações e a realidade deve ser suprida com programações de rotinas de uso reais para que, com isso, se atinja estimativa mais fidedigna ao que ocorre no real (HOES et al. 2009; FENG; YAN; HONG, 2015; YAN et al., 2015; SUN; HONG, 2017).

Além de tomar conhecimento sobre os possíveis padrões de uso existentes, os pesquisadores têm buscado encontrar modelos de ocupação e das ações de adaptação dos usuários para simulações de desempenho mais realistas. No entanto, ainda há discussões sobre a modelagem do comportamento, pois o modelo é estreitamente específico para cada caso (GAETANI; HOES; HENSEN, 2016). As modelagens e métodos até o momento, usam dados de um pequeno número de padrões de usuários, com suposições generalistas para a simulação de desempenho das edificações, sem caracterizar as diversidades de ocupação e de comportamentos (O'BRIEN et al., 2017).

Para uma compreensão assertiva do uso da energia nos edifícios devem ser priorizados os estudos embasados no levantamento de informações de dados reais, pois estes permitem melhor entendimento e uma estimativa mais próxima àquilo que corresponderá ao comportamento do usuário (D'OCA; HONG, 2015). Por outro lado, por serem poucos os dados reais sobre os padrões de comportamento do usuário relativos ao uso de energia, mostra-se pertinente aperfeiçoar as estimativas de consumo projetados nas simulações computacionais através da quantificação do impacto dos usuários no desempenho energético (HALDI; ROBINSON, 2010; WILDE 2014; HONG et al., 2017; JIA, SRINIVASAN E RAHEEM, 2017; ZHANG et al., 2018).

Diante desse cenário, a pesquisa visa identificar, compreender e categorizar os padrões de uso existentes em edificações comerciais que repercutam em impactos significativos no consumo de energia elétrica. Acrescenta-se que a nomenclatura “edificação comercial” exposta na presente pesquisa, se refere às salas comerciais em edifícios verticais, com atividades comerciais e de prestação de serviços.

Com isso, pretende-se averiguar os fatores que influenciam e determinam os diferentes padrões comportamentais, bem como contribuir com informações de dados reais de operação dos sistemas prediais para as simulações de estimativas de consumo energético. Por fim, colaborar significativamente para o aperfeiçoamento do regulamento de eficiência energética em edifícios comerciais e de prestação de serviço com base em dados reais.

1.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste estudo é determinar os padrões de uso de energia elétrica existentes em edificações comerciais e os fatores de influência que podem ter um impacto significativo no consumo de energia elétrica.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Compreender os fatores que influenciam os usuários na operação dos sistemas;
- Analisar as ações e o comportamento dos usuários relativos ao uso de energia no ambiente de trabalho;
- Identificar e categorizar os padrões de uso e operação na sinergia dos sistemas de janela, persianas, iluminação artificial e ar condicionado;
- Determinar os fatores relevantes na avaliação da influência do usuário no consumo energético de edifícios comerciais.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 COMPORTAMENTO DO USUÁRIO NO USO DE ENERGIA DO EDIFÍCIO

2.1.1 Fatores de influência

O comportamento do usuário na operação de sistemas em um edifício não ocorre de forma meramente aleatória, sendo influenciado por vários fatores, tanto internos quanto externos, individuais ou contextuais, que podem determinar diferentes ações para uso dos ambientes. Em outras palavras, os fatores comportamentais, complexos e diversificados, são os motivadores e condutores que levam os usuários a adotarem uma determinada ação e interagirem com os sistemas do edifício. Como consequência, tais ações apresentam reflexos no consumo total de energia (HALDI; ROBINSON, 2008; HOES et al., 2009; HALDI; ROBINSON, 2010; JANDA, 2011; ZHANG; BARRETT, 2012; FABI et al., 2011; FABI et al., 2012; O'BRIEN, GUNAY; 2014, HONG et al., 2015a; YAN et al., 2015; STAZI; NASPI; D'ORAZIO, 2017; DELZENDEH et al., 2017). Desta forma, o conhecimento dos fatores que influenciam no comportamento dos usuários é imprescindível para compreender as ações tomadas para uso dos sistemas do edifício, com consequente impacto no consumo de energia elétrica.

Os fatores que influenciam no comportamento dos usuários são classificados por Fabi et al. (2011) e Fabi et al. (2012) em cinco grupos: fatores físicos ambientais; contextuais; psicológicos; fisiológicos; e sociais. Stazi, Naspi e D'Orazio (2017) ainda acrescentam fatores relacionados ao tempo e fatores aleatórios. Já, Karjalainen (2016) e DelzendeH et al. (2017), agregam o fator econômico.

Na literatura, os fatores físicos ambientais são descritos como os mais significativos para analisar o comportamento do usuário nos edifícios comerciais (O'BRIEN; GUNAY, 2014). As variáveis ambientais a serem consideradas nas ações dos usuários são: temperatura, umidade, velocidade do ar, chuva, ruído, iluminação, odores e qualidade do ar (SORGATO, 2015). Fabi et al. (2011) e Fabi et al. (2012) mencionam os fatores físicos ambientais como sendo as variáveis que envolvem o edifício, sendo que muitas delas estão relacionadas ao conforto ambiental dos usuários.

Stazi, Naspi e D'Orazio (2017) e Delzende et al. (2017) enquadram as características físicas do edifício também sendo fatores físico ambientais, como exemplo a geometria da edificação, orientação solar, propriedades da envoltória, tipo de sistemas e equipamentos instalados. A orientação solar das fachadas e a geometria da edificação possuem papel fundamental, (CORBELLA; CORNER, 2011) pois, influenciam no nível de conforto dos usuários que pode levá-los a adotarem ações adaptativas quando houver desconforto (NICOL; HUMPHREYS, 2002; RIJAL et al., 2007; HOES et al., 2009; GUNAY; O'BRIEN; MORRISON, 2013; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). No entanto, Fabi et al. (2012) compreende estes no âmbito dos fatores contextuais.

Outros fatores contextuais encontrados na literatura foram: a rotina (STAZI; NASPI; D'ORAZIO, 2017), tipo de atividade, saúde e riqueza pessoal, cultura ambiental, estilo de vida (O'BRIEN et al., 2017), vista e conexão com o exterior, ocupação, complexidade dos sistemas de automação (O'BRIEN; GUNAY, 2014), estação do ano, hora do dia (HONG et al., 2015a).

Apesar da importância dos fatores contextuais, esses são difíceis de serem mensurados e quantificados, o que traz complexidade para obtenção de dados, assim, é dificultoso estimá-los nas simulações de energia. Contudo, seu conhecimento é importante na medida em que os projetistas devem compreender que muitas vezes os usuários não se comportam como esperado, e perceberem que as decisões dos usuários auxiliarão no desenvolvimento de projetos mais eficientes (O'BRIEN; GUNAY, 2014).

Os fatores fisiológicos são definidos por Fabi et al. (2012) como os motivos que determinam a condição fisiológica das pessoas, como idade, gênero, situação de saúde, tipo de atividade que exerce, vestimenta, ingestão de alimentos e bebidas, adaptação climática. Portanto, a variável fisiológica está vinculada às sensações e necessidades do corpo humano, bem como a satisfação com o conforto do ambiente interno (RUPP; VÁSQUEZ; LAMBERTS, 2015).

Em relação aos fatores psicológicos, Fabi et al. (2012) entendem como sendo os aspectos que satisfazem as expectativas dos usuários, como a segurança, conhecimento, hábito, estilo de vida e percepção. E Stazi, Naspi e D'orazio (2017) acrescenta a privacidade e vista do exterior.

É notório que os fatores fisiológicos e psicológicos também são importantes na avaliação do comportamento dos usuários. Na pesquisa de Pisello et

al. (2016) investigou-se o desempenho energético em salas de escritório com a mesma geometria, características da edificação, orientação solar e equipamentos. Os usuários das salas analisadas possuíam o mesmo tipo de atividade, horários e idade. No entanto, foi identificado o comportamento individual como uma variável-chave, pois tanto as percepções térmicas quanto os hábitos pessoais, formação cultural e satisfação foram determinantes no comportamento e uso de energia diferenciados.

Algumas pesquisas (LANGEVIN; GURIAN; WEN, 2015; VECCHI et al., 2017; D'OCA et al.; 2018) buscaram compreender as percepções e sensações térmicas dos usuários em edifícios de escritório. Vecchi et al. (2017) constataram em Florianópolis, Santa Catarina, que os edifícios com possibilidade de ventilação natural apresentam maior aceitabilidade térmica, com variação de 19 a 28°C, enquanto que nos edifícios com sistema central de ar a aceitabilidade térmica encontra-se de 22 a 25°C.

Além disso, as mulheres tendem a preferir temperatura um pouco mais alta, cerca de 25,5°C, enquanto o conforto dos homens está na faixa de 22,3° (VECCHI, 2015). Langevin, Gurian e Wen (2015) verificaram na Filadélfia, Estado Unidos, que as mulheres também possuem maior aceitação térmica para o calor do que os homens, além de verificar que o maior conforto térmico ocorre nas estações de outono e inverno do que nas de verão e primavera.

Quanto ao fator social, apesar de pouco explorado nas pesquisas relacionadas ao uso de energia, segundo Hong et al. (2017), trata-se de uma questão relevante para que a investigação seja completa, portanto, a sua incorporação nos estudos de comportamento representa uma irrefutável tendência. São compreendidos como as interações entre os usuários, como preferência, atitudes, formação cultural (FABI et al., 2012). Azar e Menassa (2012) analisaram a influência do comportamento dos usuários entre si e verificaram que quando há um maior número de usuários com determinado comportamento, os demais tendem a adotar a mesma conduta da maioria.

Os usuários nos edifícios comerciais possuem pouco conhecimento dos sistemas de condicionamento de ar, diferente do que ocorre nas residências, onde os usuários possuem mais domínio e conhecimento (Karjalainen, 2007). Além disso, a maioria dos usuários apresentaram pouca motivação para economizar energia nos escritórios, porque não são responsáveis pela conta de energia e chegam a considerar

insignificante o seu próprio uso de energia. Dessa forma, o fator econômico apresenta também suas influências.

Como visto, há uma diversidade de influências que o usuário pode receber. Diante disso, há também diferentes ações que podem ser realizadas pelos usuários. Cada pesquisa tende a adotar alguns dos fatores apresentados para analisar o comportamento, ocasionando modelos comportamentais difíceis de serem comparados. Em vista disso, Hong et al. (2015a) desenvolveu uma estrutura metodológica para padronizar a representação do comportamento dos usuários relacionado à energia dos edifícios, buscando a consideração de todos os fatores comportamentais.

Hong et al. (2015a), com base em uma revisão de literatura substancial em mais de 130 estudos acerca dos fatores que afetam o comportamento do usuário relacionado ao uso da energia em edifícios, apresentam uma classificação baseada em quatro elementos representados pela sigla DNAs (do inglês *drivers, needs, actions* e *systems*). Os *drivers* se referem aos fatores ambientais e contextuais que induzem os usuários a atender suas necessidades físicas, fisiológicas e psicológicas. *Needs* são os requisitos a serem atendidos para satisfação dos usuários no ambiente. *Actions* são as interações e atividades que os usuários realizam para obter conforto. E *systems* corresponde aos equipamentos que os usuários interagem para restabelecer o conforto, interferindo assim, no consumo de energia do edifício.

No estudo de Hong et al. (2015a), os *drivers* (entendidos como fatores externos) foram classificados dentro de cinco categorias, sendo elas: edifício, usuário, condições ambientais, sistema e tempo. O edifício está relacionado às propriedades do próprio edifício; usuários às suas características; condições ambientais às variáveis ambientais; sistema às suas características e ao estado em que se encontra (por exemplo: aberto ou fechado, no caso das janelas); e tempo à hora do dia, dia da semana, estação do ano. O esquema na Figura 1, representa os fatores relacionados à categoria *drivers*.

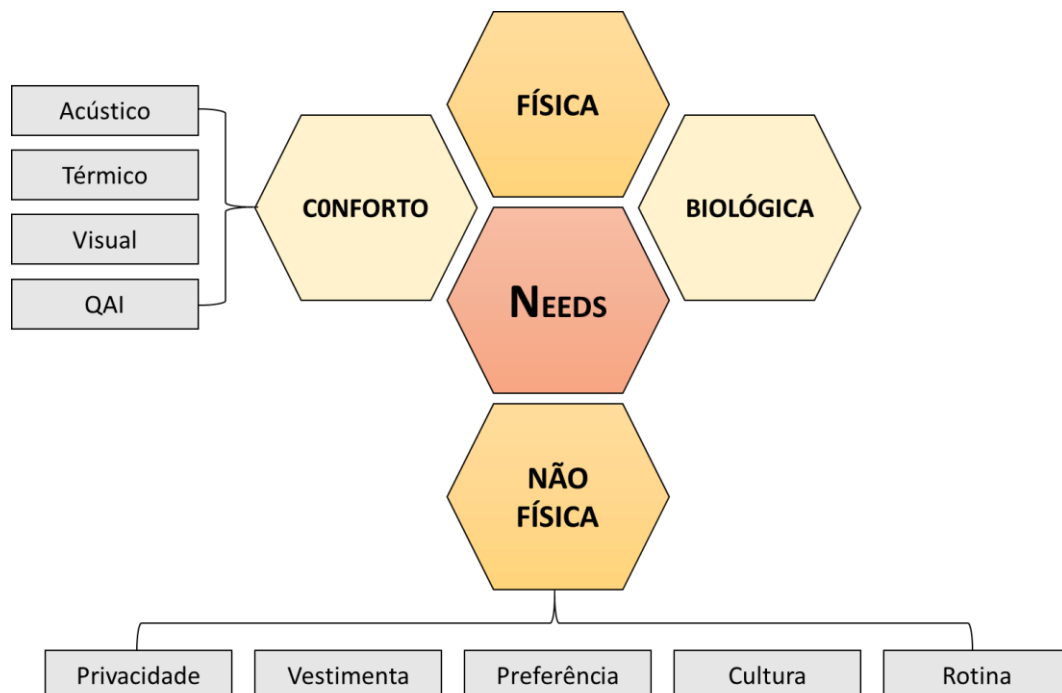
A categoria *Needs*, por sua vez, compreende os fatores comportamentais internos e englobam os fatores fisiológicos, psicológicos e sociais. Estes fatores estão relacionados às necessidades físicas dos usuários, ligadas aos fatores fisiológicos, que compreendem o conforto ambiental e qualidade do ambiente, ou não-físicas, ligadas aos fatores psicológicos e sociais, como a privacidade e vista externa. A Figura 2 representa esses fatores relativos à categoria *needs*.

Figura 1 - Drivers que influenciam no comportamento dos usuários relacionados à energia



Fonte: Adaptado de Hong et al. (2015a)

Figura 2 - Needs que influenciam no comportamento dos usuários relacionados à energia



*QAI = Qualidade do ambiente interno.
Fonte: Adaptado de Hong et al. (2015a).

Para atender suas necessidades os usuários tendem a realizar alguma ação. Nas *Actions* os usuários podem operar um sistema que restaure o seu conforto ou simplesmente ajustar seu nível de vestimenta. Contudo, mesmo com uma

necessidade a ser atendida, pode haver a inação dependendo se o usuário não tem acesso a operação dos sistemas.

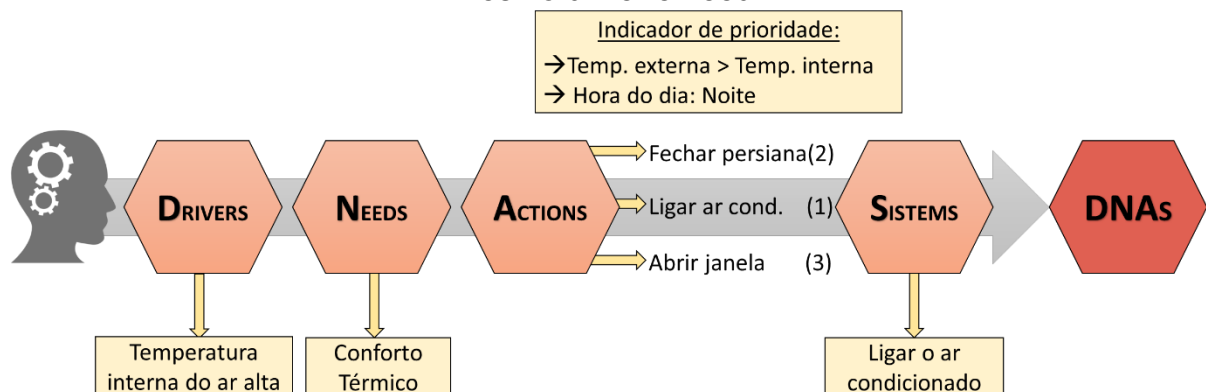
Por fim, na categoria *systems*, Hong et al. (2015a) considera os sistemas em que o usuário pode controlar em busca do conforto, compreendendo: janelas, elementos de sombreamento, iluminação artificial, termostato, ocupação do ambiente, e equipamentos elétricos.

No caso de um usuário que trabalha em salas com possibilidade de ventilação natural, durante o verão, no decorrer do dia, a temperatura interna da sala aumenta e o usuário começa a sentir desconforto térmico. Diante disso, abre a janela para entrar ar fresco no ambiente e restabelece seu nível de conforto. Neste exemplo citado por Hong et al. (2015a), o *driver* é a temperatura interna, a *need* é o conforto térmico, a *action* é a abertura da janela, e o *system* é a janela.

Contudo, segundo Hong et al. (2015b), diante de um mesmo *driver* e *need*, o usuário pode realizar diferentes *actions* em *systems* distintos. No exemplo citado, o usuário também poderia ter a ação de ligar o sistema de ar condicionado para refrigeração. Ademais, é possível ocorrer ações simultâneas. Ainda no mesmo exemplo, o usuário pode fechar as persianas internas para proteção contra a radiação solar incidente e, ao mesmo tempo, ligar o ar condicionado para refrigeração.

Dessa forma, os pesquisadores conseguiram reunir e padronizar todos os fatores relacionados às ações que interferem no consumo de energia em edifícios. No esquema apresentado na Figura 3, é possível visualizar o desenvolvimento da estrutura DNAs, que padroniza e sistematiza os fatores ligados ao comportamento relacionado à energia do edifício.

Figura 3 - Esquema da estrutura DNAs com exemplo de múltiplas ações para um mesmo driver e need



Fonte: Adaptado de Hong et al. (2015b)

2.1.2 Relação dos fatores na operação dos sistemas

Como visto, os fatores comportamentais desencadeiam as ações dos usuários em determinado sistema do edifício. Alguns fatores influenciam apenas nas ações de um sistema, enquanto outros são motivos de operação em mais de um sistema, podendo ocorrer de modo simultâneo ou não.

Os sistemas mais comuns controlados pelos usuários para restabelecer suas condições de conforto e que afetam o desempenho energético do edifício, compreendem: janelas, elementos internos de sombreamento, iluminação artificial e ar condicionados (HONG et al., 2015a). Dessa forma, a pesquisa concentra-se em investigar tais sistemas e os respectivos fatores que determinam as ações dos usuários.

2.1.2.1 Fatores que influenciam na operação das janelas

Embora o fato de abrir ou fechar uma janela pareça ser uma simples ação cotidiana, seu estímulo decorre de muitos fatores que interagem de maneira complexa (FABI et al., 2011). Tanto que, o comportamento dos usuários em relação a abertura e fechamento das janelas é investigado por diversas pesquisas.

Todas as pesquisas analisadas foram unânimes em apontar a temperatura como um fator de influência. Borgeson e Brager (2008), Herkel, Knapp e Pfafferott (2008), Haldi e Robinson (2008), Zhang e Barrett (2012), Schakib-Ekbatan et al. (2015), Li et al. (2015) Pan et al. (2018), Zhou et al. (2018), D'Oca et al. (2018) e Sun et al. (2019) relatam a temperatura como o fator mais relevante para o controle das janelas. Analisando o uso da janela em função da temperatura, Langevin, Gurian e Wen (2015) identificaram na Filadélfia, Estados Unidos, que as mesmas são mais usadas quando a temperatura externa varia de 20 a 25°C, bem como Zhou et al. (2018), que estabeleceram a temperatura aproximada de 25°C com maiores operações das janelas em Nanjing na China.

Já Sun et al. (2018), em Harbin na China, concluíram que a umidade relativa teve maior impacto na previsão de abertura das janelas do que as temperaturas internas e externas. Em Perugia, na Itália, Pisello et al. (2016) observaram que o perfil de abertura das janelas varia também conforme as estações do ano, além da percepção térmica.

Além desses, outros fatores externos ou *drivers* foram encontrados na operação das janelas, como identificado por Zhou et al. (2018), que revelaram a qualidade do ar como um fator, devido ao estudo realizado em Nanjing que possui altos índices de poluição. E Schakib-Ekbatan et al. (2015) observaram em Frankfurt na Alemanha, que o ruído foi motivo de manterem fechadas as janelas que estão voltadas para uma fachada ruidosa.

Herkel, Knapp e Pfafferott (2008), constataram em Freiburg na Alemanha, que a maioria das aberturas e fechamentos ocorre na chegada do usuário ao ambiente de trabalho. Do mesmo modo, Pan et al. (2018) em Pequim na China, verificaram que os usuários costumam abrir as janelas com regularidade quando chegam no escritório e fecham no final do dia, mas algumas ações de fechamento durante o dia podem ocorrer quando sentem desconforto. E Borgeson e Brager (2008), constataram que os usuários não abrem as janelas apenas para obterem conforto, mas eventualmente porque apenas preferem tê-las abertas.

Contudo, a presença de janelas e seu uso apresentam vantagens fisiológicas e psicológicas, mas algumas desvantagens também podem ser constatadas. Usuários de salas de trabalho em uma universidade em Bauru, no Brasil, listaram como vantagens a vista externa, ar fresco, presença de luz do dia, sensação de amplitude na sala, bem como um ambiente menos monótono. Quanto às desvantagens, expuseram a presença de muita luz solar, brilho, ruído externo e ganho de calor, além de reduzir a privacidade (FARIA; INSKAVA; PLANITZER, 2017).

2.1.2.2 Fatores que influenciam na operação dos elementos internos de sombreamento

Como visto, apesar dos benefícios da existência das janelas, seu uso pode proporcionar condições indesejadas ao ambiente interno em determinados momentos. Dessa forma, os elementos internos de sombreamento, usualmente conhecidos como persianas e cortinas, possuem a função principal de interceptar as condições indesejadas ocasionadas pelas janelas. Assim, permitem que os usuários controlem os momentos em que desejam ter acesso à janela ou não.

Diversas pesquisas sustentam que nos edifícios comerciais, a iluminação natural no plano de trabalho é o *driver* (fator externo) de influência mais

relevante em relação a operação das persianas (HALDI; ROBINSON, 2010; WYMELENBERG, 2012; SILVA; LEAL; ANDERSEN, 2013; LEITE; GUTIERREZ, 2013; GUNAY et al., 2017; BAVARESCO; GHISI, 2018; D'OCA et al., 2018).

Haldi e Robinson (2010) determinaram as variáveis que influenciam as ações e a probabilidade de abertura e fechamento dos elementos de sombreamento. Através de uma pesquisa realizada em Lausanne na Suíça, concluíram que a iluminação natural no plano de trabalho e o conforto visual são fatores relevantes para a operação das persianas. Do mesmo modo, Gunay et al. (2017), através de uma pesquisa em Ottawa no Canadá, chegaram à conclusão que ações de fechamento de persianas foram fortemente influenciadas pela radiação solar incidente na fachada. Na pesquisa de Bavaresco e Ghisi (2018) em Florianópolis, no Brasil, 77% dos usuários relataram o excesso de radiação solar direta no plano de trabalho o principal motivo de fechamento das persianas. Meerbeek et al. (2014), acrescenta que para os usuários, tanto a entrada da iluminação natural quanto a vista para o exterior são importantes na probabilidade de ajuste das persianas.

Além disso, Bavaresco e Ghisi (2018) observaram que a abertura das persianas ocorre com maior frequência no momento de chegada ao ambiente, sendo esse o motivo relatado por 63,3% dos usuários, fator também constatado por Haldi e Robinson (2010). No entanto, Silva, Leal e Andersen (2013), observaram que no momento de saída do trabalho, quatro dos oito usuários tendiam a fechar as persianas. Logo, concluíram que a dinâmica da ocupação está diretamente relacionada à operação dos elementos de sombreamento.

Gunay et al. (2017) ressaltam que as persianas parcialmente abertas permitem a entrada da iluminação natural, evita o brilho e proporcionam uma oportunidade de estabelecer visão e conexão com o exterior. No entanto, verificaram que as persianas se encontravam, com maior frequência, fechadas, seguidas de metade aberta e um quarto aberta. Desse modo, segundo Wymelenberg (2012), a presença da radiação solar direta é um fator que afeta também a posição dos elementos de sombreamento, variando de acordo com as percepções de longo prazo da iluminação solar e calor (ZHANG; BARRETT, 2012).

2.1.2.3 Fatores que influenciam na operação do sistema de iluminação artificial

Os hábitos e as percepções pessoais são os principais fatores que influenciam no uso da iluminação artificial das salas comerciais, embora os usuários exerçam o mesmo trabalho em salas comparáveis, e com horários semelhantes, ainda assim, os comportamentos serão diferentes, devido as percepções individuais, conforme atesta Pisello et al. (2016).

Yun, Kim e Kim (2012), Gunay et al. (2017) e Silva, Leal e Andersen (2013), afirmam que o momento de chegada é um fator de influência relevante em relação a operação dos sistemas de iluminação dos escritórios. Yun, Kim e Kim (2012), monitoraram quatro escritórios na República da Coreia e relatam que os usuários tendem a acionar a iluminação quando chegam e permanecem com ela acessa durante todo momento. Gunay et al. (2017), na análise em edifícios de escritório em Ottawa no Canadá, constataram que 90% da iluminação é acionada no momento de chegada no ambiente. De acordo com Silva, Leal e Andersen (2013), que realizaram um estudo na cidade do Porto em Portugal, o controle da iluminação era de fato conduzido pela dinâmica da ocupação, sendo que a iluminação foi ativada em 77% nos períodos de chegada, enquanto que após uma ausência temporária, os usuários acenderam a iluminação em 56% das observações.

Yun, Kim e Kim (2012) e Leite e Gutierrez (2016), observaram que a iluminação artificial permanece ligada durante todo dia independente da iluminação natural. Assim, o sistema de iluminação é utilizado com frequência durante toda a ocupação. Contudo, Silva, Leal e Andersen (2013), relatam que a decisão de acender ou manter as luzes acesas era significativamente influenciada pela iluminação natural ao entrar na sala.

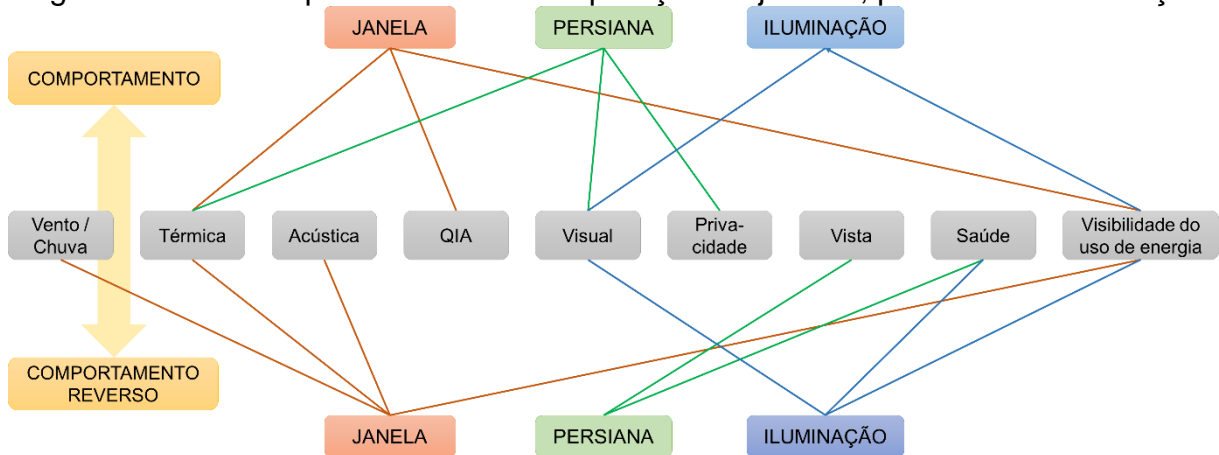
Gunay et al. (2017) e Silva, Leal e Andersen (2013), afirmam que o momento de saída também é um fator que influencia no comportamento do usuário em relação a operação do sistema de iluminação. Para Gunay et al. (2017), 90% do desligamento da iluminação ocorre no momento de saída do ambiente, sendo que cerca de 50% dos casos tinham o comportamento de desligamento manual, e 50% deixavam acessas, sendo apagadas automaticamente por sensores.

D'Oca et al. (2018) e Leite e Gutierrez (2016), observaram que haviam poucos comportamentos de ajustes com intuito de conservação de energia. D'Oca et al. (2018), relatam que o uso do sistema de iluminação era apenas para obter conforto.

Enquanto que, Leite e Gutierrez (2016), constataram que mesmo com a presença de um circuito independente para as luminárias próximas as janelas, os usuários não possuíam o comportamento de aproveitamento da iluminação natural.

Gunay, O'Brien e Morrison (2013) realizaram um esquema, representado na Figura 4, correlacionando os fatores levantados (conforto térmico, conforto acústico, vento e chuva, qualidade do ar, privacidade, vista do exterior, saúde, economia de energia), com o controle das janelas, persianas e iluminação. Ademais, abordam sobre o comportamento reverso, dado que, se um fator influenciou o momento que a janela foi aberta, outro fator irá conduzir o usuário a fechá-la. Portanto, um fator pode influenciar o comportamento de abertura, e outro fator o comportamento reverso de fechamento.

Figura 4 – Fatores que influenciam na operação de janelas, persianas e iluminação



Fonte: Adaptado de Gunay, O'Brien e Morrison (2013)

2.1.2.4 Fatores que influenciam na operação do ar condicionado

O principal fator relacionado ao comportamento dos usuários com os sistemas de condicionamento de ar trata-se da temperatura. De acordo com Fabi et al. (2011), a temperatura interna é o parâmetro de maior influência no ponto de ajuste do termostato do ar condicionado. Vecchi et al. (2017), analisaram o uso da ventilação natural e do ar condicionado em dois edifícios comerciais que operam de modo misto na cidade de Florianópolis em Santa Catarina. Os autores constataram que a temperatura e a sensação térmica foram os fatores de influência no uso do ar condicionado e da ventilação natural. O ar condicionado era acionado frequentemente

para refrigeração quando a temperatura externa atingia valores acima de 25°C, e quando a temperatura externa apresentava valores abaixo de 24°C, havia preferência pela ventilação natural.

Além disso, o uso do ar condicionado está relacionado também às estações do ano. Segundo Vecchi et al. (2017), o ar condicionado é usado em todas as estações do ano, mas com predomínio no verão seguido dos meses de primavera e outono. Enquanto no inverno, 11% dos usuários fazem uso do ar condicionado. Observaram que quando a temperatura do ar interno atingia valores próximos a 25°C, os usuários utilizam o ar condicionado mesmo se a temperatura exterior era inferior a 20°C.

D'Oca et al. (2018), realizaram questionários com usuários de escritórios de três cidades da Itália (Turim, Perugia e Rende). Os autores perceberam que os ajustes nos sistemas de ar condicionado são influenciados apenas pelo conforto térmico, quando há a sensação de calor ou frio.

Apesar da percepção que o uso do ar condicionado está ligado somente à temperatura e a outros *drivers* ambientais, existem outros influenciadores. Brugnera, Roriz e Chvatal (2013), realizaram uma pesquisa no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, em São Carlos, e identificaram que a operação dos equipamentos de condicionamento de ar está relacionada com os padrões horários de ocupação das salas e não efetivamente com a temperatura, sendo que a temperatura de acionamento para o ar condicionado variou de 24°C a 26°C.

Segundo Gunay, O'Brien e Beausoleil-Morrison (2013), o padrão de vestimenta de um determinado ambiente corporativo também é um *driver* de influência no comportamento do usuário, visto que, se o usuário não pode adaptar suas roupas, necessitará de condicionamento artificial para obter conforto térmico. Assim como atividades que possuem equipamentos específicos com necessidade de controle constante da temperatura interna.

O ar condicionado também pode ser utilizado devido à uma preferência pessoal, ou em relação ao estilo de vida dos usuários ou aos hábitos que o mesmo possui. Segundo Fabi et al. (2011), o uso do ar condicionado pelos usuários está relacionado também a idade, gênero, renda, número de usuários e preferências.

2.2 PADRÕES COMPORTAMENTAIS NA OPERAÇÃO DOS SISTEMAS

A diversidade de comportamentos existentes tem conduzido várias pesquisas a investigarem e identificarem tipos de padrões comportamentais no uso de energia dos edifícios com o intuito de sair de um estado generalista e compreender os perfis que influenciam diretamente no consumo (HONG et al., 2017). Os padrões de uso são as características típicas do comportamento, que refletirá em modelos com previsões das ações comuns dos usuários (D'OCA e HONG, 2014). Os modelos devem abranger as atitudes, os hábitos e comportamentos específicos dos usuários, sendo assim, possível obter modelos preditivos mais próximos do real para as simulações (YAN et al., 2015).

Diante da necessidade de saber quais informações devem ser investigadas para analisar as diversas ações comportamentais nos edifícios comerciais, Hong et al. (2016) traçaram uma diretriz geral abrangendo as variáveis que precisam ser pesquisadas nos estudos de operação de janelas, persianas, iluminação e ar condicionado, conforme exposto na Tabela 1.

Os autores afirmam que, quanto mais dados forem coletados e por maior período de tempo possível, mais fidedignas serão as previsões comportamentais. Contudo, como várias pesquisas possuem restrições de recursos e tempo, as diretrizes correlacionam as variáveis com uma classificação de dependência, sendo o levantamento da informação de caráter obrigatório ou opcional (HONG et al., 2016).

Tabela 1 – Mapeamento dos dados necessários para estudos de padrões comportamentais em operação de janelas, persianas, iluminação e ar condicionado

| | Variáveis | Unidade | Janela | Persiana | Ilumin. | Ar cond. |
|----------------------------|------------------------|-------------|--------|----------|---------|----------|
| Dados climáticos | Temperatura ar externo | °C | ✓✓ | | ✓ | ✓✓ |
| | Umidade do ar externo | % | ✓✓ | | ✓ | ✓✓ |
| | Velocidade do vento | m/s | ✓✓ | | | |
| | Direção do vento | N, S, L, O | ✓ | | | |
| | Radiação solar | W | ✓ | ✓✓ | ✓✓ | ✓ |
| | Iluminância | Lux | ✓ | ✓✓ | ✓✓ | |
| | Chuva (ocorrência) | Sim/Não | ✓ | | | ✓ |
| Dados do ambiente | Temperatura ar interno | °C | ✓✓ | ✓✓ | | ✓✓ |
| | Umidade do ar interno | % | ✓ | | | ✓✓ |
| | CO ₂ | ppm | ✓✓ | | | ✓✓ |
| | Ocupação | 0-1 | ✓✓ | ✓✓ | ✓✓ | ✓✓ |
| | Nível de iluminação | Lig./Desl. | | ✓✓ | ✓✓ | |
| | Estado da janela | Aber./Fech. | ✓✓ | ✓ | | ✓ |
| | Estado da persiana | Aber./Fech. | | ✓✓ | ✓✓ | ✓ |
| | Config. do termostato | °C | | | | ✓✓ |
| Estado do ar condic. | Lig./Desl. | | | | ✓✓ | |
| Dados energéticos | Consumo de energia | kWh | ✓ | ✓ | ✓ | ✓✓ |
| | Sub medição | kWh | | | ✓ | ✓ |
| Dados dos ocupantes | Idade | Número | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Gênero | Fem./Masc. | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | Perfil do trabalho | Trabalho | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

Legenda: ✓✓ Obrigatório ✓ Opcional
 Fonte: Adaptado de Hong et al. (2016)

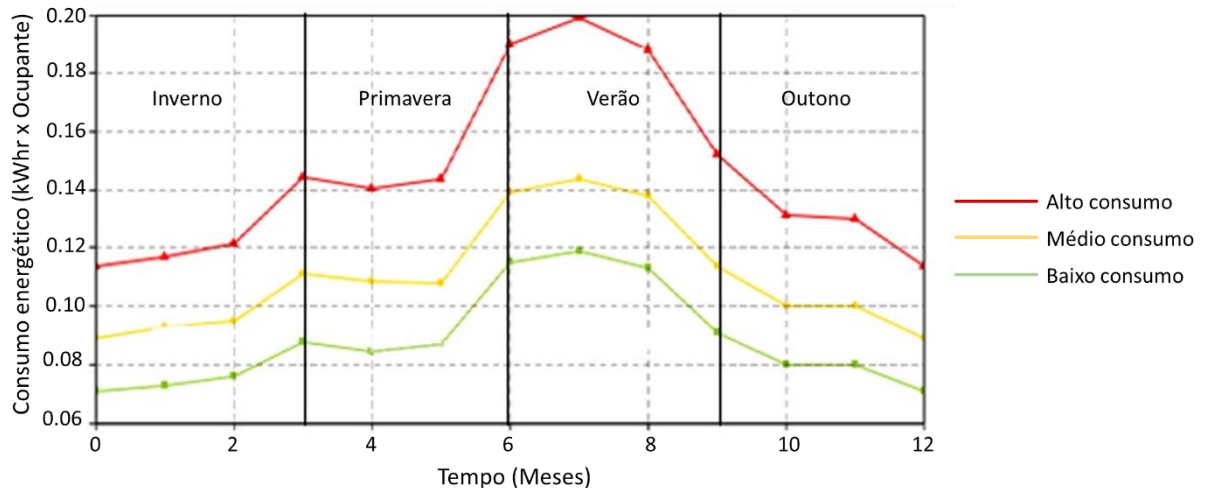
2.2.1 Padrões de uso

Normalmente, os modelos de padrões comportamentais são modelados nas simulações dos edifícios com base em suposições do comportamento do usuário, sendo, regularmente, programados com um comportamento eficiente. Entretanto, apesar da possibilidade de haver usuários com esse perfil, há outros que não utilizam os sistemas conforme o previsto.

Azar e Menassa (2012) simularam 3 padrões de usuários segundo a forma como usam os sistemas do edifício e seus níveis de consumo, sendo categorizados como usuários de alto, médio e baixo consumo energético. Tiveram como modelo a sala de um escritório localizado em Madison nos Estados Unidos e os parâmetros para cada padrão foram definidos com base na literatura e no código da Califórnia *Title 24*. Variaram nas simulações as posições das persianas, programação de iluminação e equipamentos, e uso de água quente. A ocupação também foi

considerada como um elemento variável, com atributos e características dos usuários, gerando estimativas do consumo de energia para os três diferentes padrões de comportamentos. Assim, obtiveram que o perfil de consumo para cada padrão ao longo de um ano apresentou diferenças significativas, conforme Figura 5.

Figura 5 - Taxa de consumo de energia por categoria de usuário



Fonte: Adaptado de Azar e Menassa (2012)

Hong e Lin (2013) também traçaram 03 padrões de consumo baseados em dados de revisão de literatura, e nomeou-os como: austeridade (economizam energia), padrão (de consumo médio), e o terceiro considerado desperdiçador (gastam muita energia). Selecionaram três escritórios adjacentes e assumiram que cada escritório possuía um tipo de padrão de usuário. Os comportamentos selecionados para os diferentes tipos consistiram em vários aspectos, incluindo *setpoint* de aquecimento e resfriamento, controles de ocupação, controles de iluminação, etc. Os usos definidos para cada grupo estão expostos na Tabela 2. Simularam por meio do *software Energy Plus* o efeito de cada um no consumo final de cada escritório. Obtiveram que o padrão econômico reduz até 50% do consumo, enquanto que o padrão desperdiçador chega a consumir até 90% mais energia.

Tabela 2 – Programação das categorias de padrões comportamentais dos usuários

| Comport. Usuário | Austeridade | Padrão | Desperdiçador |
|--------------------------------------|--|---|---|
| <i>Setpoint</i> resf. | 26 | 24 | 22 |
| <i>Setpoint</i> aquec. | 18 | 21 | 23 |
| Conforto Adaptativo | Sim | Nenhum | Nenhum |
| Controles de ocupação | Quando desocupado desliga ilum e ar cond. Desliga 30% dos equip. | Programado | Tudo ligado: iluminação, ar condicionado e equipamentos |
| Controle Iluminação | 3 etapas de iluminação | Nenhum | Nenhum |
| Tempo de operação do ar condicionado | 9hrs à 16hrs | 8hrs às 17hrs | 6hrs às 22hrs |
| Início de controle de resfriamento | Quando a temperatura atinge 28°C, e mantém em 24° C. | Mesma programação do ar condicionado (das 8h às 17h) e mantém 24°C. | Mesma programação do ar condicionado (das 6h às 22h) e mantém 24°C. |

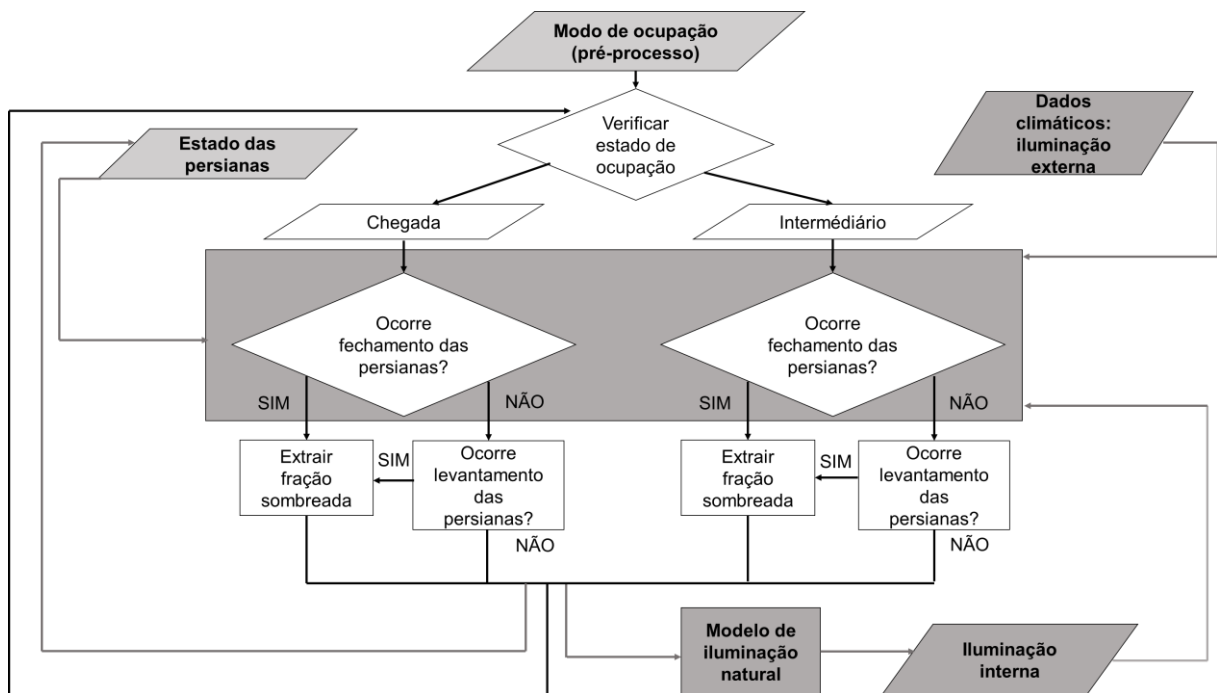
Fonte: Adaptado de Hong e Lin (2013)

No entanto, considerando um contexto mais amplo, devido à natureza estocástica e particular de cada usuário, há uma discussão na literatura mencionando que não é pertinente agrupar e categorizá-los de modo geral como padrões de baixo ou alto consumo (HONG et al., 2016). É necessário compreender a fundo o comportamento na operação de cada sistema dos edifícios (GAETANI; HOES; HENSEN, 2016).

De certa forma, o padrão predominante de abertura de persianas ocorre no momento de chegada ao ambiente de trabalho (BAVARESCO; GHISI, 2018; LEITE; GUTIERREZ, 2016; HALDI; ROBINSON, 2010). Entretanto, Gunay et al. (2017) perceberem que algumas persianas permaneciam fechadas por um longo período de tempo, não possuindo um padrão relacionado com o momento de chegada.

Um dos primeiros estudos dos padrões de uso em persianas, foi realizado por Haldi e Robinson (2010). Os autores mediram por 5 anos, através de sensores, o momento de abertura e fechamento de persianas e a ocupação, no Laboratório de Energia Solar e Laboratório de Física, localizado em Lausanne, Suíça. Para determinar os possíveis padrões de uso, realizaram o fluxograma da Figura 6 com um esquema de possibilidades de uso das persianas. Com as informações dos dados medidos, aplicaram regressão logística para obter os valores de probabilidade das ações com base nos preditores mais influentes. Assim, constataram que a ação de abertura das persianas ocorre com maior frequência quando os usuários chegam no ambiente.

Figura 6 - Esquema de abertura/fechamento das persianas



Fonte: Adaptado de Haldi e Robinson (2010)

A pesquisa de Bavaresco e Ghisi (2018) analisou a operação de persianas em um edifício comercial em Florianópolis, no estado de Santa Catarina, por meio da aplicação de questionários e aplicaram a análise de cluster para determinar os padrões de uso. Foram encontrados 03 padrões comportamentais sendo: (1) usuários ativos com tendência dos elementos abertos no início da manhã e fechados quando a radiação solar no plano de trabalho excede $50\text{W}/\text{m}^2$; (2) usuários passivos com os elementos de sombreamento abertos durante o ano todo; (3) usuários passivos com os elementos de sombreamento fechados durante o ano todo. Foi constatado que o usuário ativo (1) apresenta menor consumo total de energia, pois tem consumo intermediário tanto para iluminação quanto para refrigeração. Os usuários passivos (3) resultam em um consumo intermediário, dado que reduz o consumo com refrigeração, mas aumenta o consumo para iluminação. Enquanto que o usuário passivo (2) apresenta o maior consumo de energia, uma vez que possuem maior consumo com refrigeração devido a radiação solar.

Além disso, verificaram que os usuários mais próximos às janelas tendem a ter um padrão comportamental mais ativo e a falta de interação cresce à medida que o usuário se distancia da janela. Entretanto, para os usuários localizados na fachada sul predominou o padrão comportamental (2). Assim, a orientação da

fachada e a distância dos usuários em relação à janela foram determinantes no perfil comportamental dos usuários.

Na pesquisa de Leite e Gutierrez (2016), também foi verificado que os usuários próximos às janelas possuem maior frequência de interação com as persianas, contudo, apenas 50% destes realmente operam e possuem esse padrão. No entanto, apesar de abrirem as persianas e disporem de um acionamento independente para as luminárias próximas às janelas, os usuários permaneciam com a iluminação artificial ligada durante todo o dia. Assim, observaram, tal como D'Oca et al. (2018), que a maior frequência de abertura das persianas era motivada somente para a entrada de iluminação natural no ambiente. Yun, Kim e Kim (2012) verificaram por meio da regressão logística se a iluminação natural era um fator estatisticamente significativo na previsão dos padrões de uso da iluminação artificial, todavia, resultou que não há relação de uso vinculado à iluminação natural.

Portanto, o padrão de uso da iluminação artificial está relacionado com a ocupação no ambiente, tendo em vista que é utilizada com frequência durante toda a ocupação. Dessa forma, é acionada no início da ocupação e permanecendo ligada até o momento de saída (YUN; KIM; KIM, 2012; LEITE; GUTIERREZ, 2016; GUNAY et al., 2017).

Ademais, Yun, Kim e Kim (2012) monitoraram escritórios na República da Coreia e apuraram os padrões reais de ocupação, uso de iluminação e consumo de energia de iluminação. Os padrões de uso de iluminação foram definidos como: (1) toda a iluminação estava desligada, (2) metade da iluminação estava acesa, (3) toda a iluminação estava acesa. Posteriormente, por meio de testes T emparelhados obtiveram que as diferenças entre o início da ocupação diária e o acendimento da iluminação artificial são significativos, portanto, há uma estreita ligação entre o início da ocupação e a ativação da iluminação artificial.

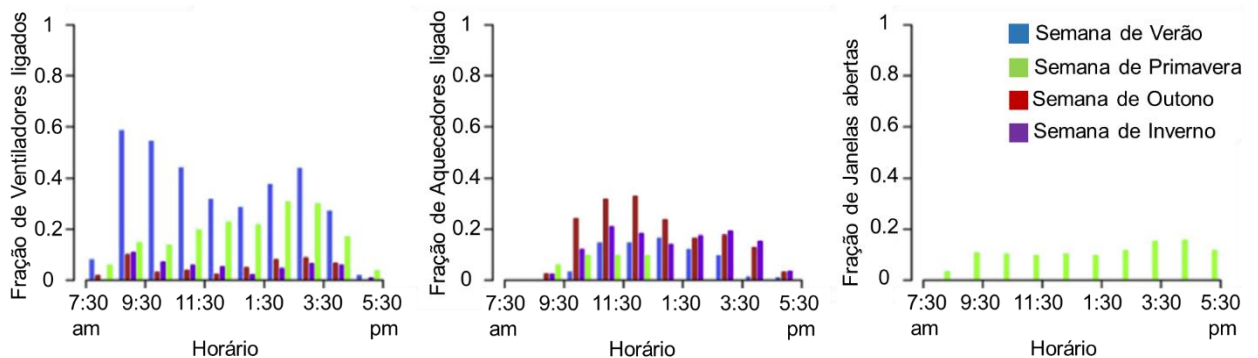
Os autores confirmaram a hipótese do teste estatístico com a análise do consumo diário de energia para a iluminação, no qual a sala com menor período de ocupação resultou em 105 Wh/m² de consumo e a sala com maior período de ocupação em 185 Wh/m². Acrescentam ainda que, se houver integração com a iluminação natural há um potencial de redução de 30% no consumo de energia para iluminação (YUN; KIM; KIM, 2012).

Além disso, as persianas em estado aberta e a iluminação ligada, facilitam o aumento da temperatura interna e, por consequência, a abertura das janelas ou o uso do ar condicionado para resfriamento.

Nesse sentido, Langevin, Gurian e Wen (2015) identificaram que as janelas são mais usadas quando a temperatura externa varia de 20 a 25°C, bem como Zhou et al. (2018), que estabeleceram a temperatura aproximada de 25°C com maiores usos da janela. Mas, segundo a pesquisa de Vecchi et al. (2017), os equipamentos de ar condicionados eram ligados quando a temperatura atingia os 25°C.

Langevin, Gurian e Wen (2015) avaliaram o uso de ventiladores, aquecedores e janelas com dados coletados por entrevistas e medidores ao longo de 1 ano em um edifício de escritório localizado na Filadélfia, Estados Unidos. Utilizaram a modelagem baseado em agentes (*agent-based modeling*) para prever o comportamento do usuário, e a regressão logística para confirmar a precisão do padrão encontrado na modelagem baseado em agentes, no qual os resultados foram compatíveis. Desse modo, perceberam que os usuários possuem o principal padrão comportamental na primavera de abertura das janelas na chegada de manhã; no verão o padrão é de ventiladores ligados na chegada no início da manhã e desligados no final da manhã. Já no outono e inverno, o padrão recorrente é o uso do aquecedor pela manhã e pouco de tarde. Dessa forma, notaram que os ventiladores são mais usados no verão e primavera, estando tanto o seu uso quanto o das janelas, correlacionados com a estação do ano. Os usos dos ventiladores, aquecedores e janelas em cada estação encontrados na pesquisa de Langevin, Gurian e Wen (2015) podem ser vistos na Figura 7.

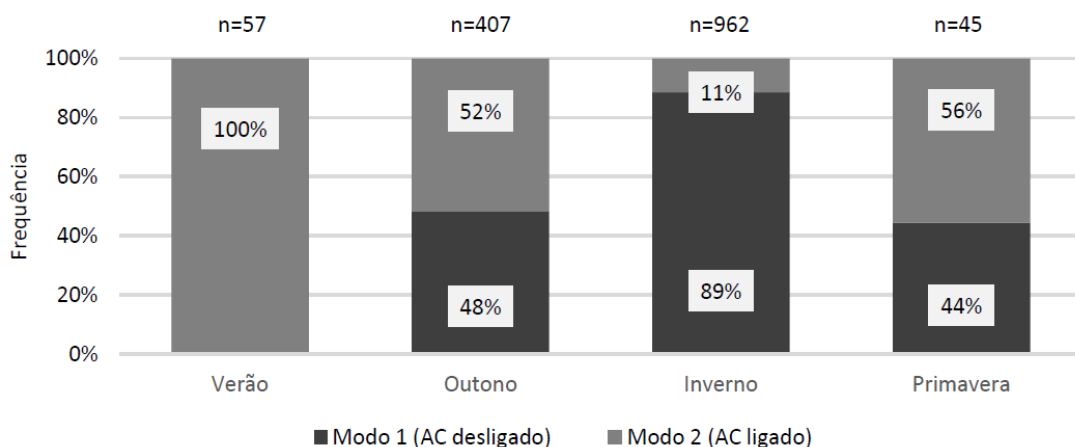
Figura 7 – Fração de uso diários do ventilador, aquecedor e janela durante uma semana para cada estação do ano



Fonte: Adaptado de Langevin, Gurian e Wen (2015)

Da mesma forma, Vecchi et al. (2017) constataram que o uso do ar condicionado está relacionado com as estações do ano. Os usuários não fazem uso do ar condicionado durante todo o ano, pois em dias que as condições externas são aceitáveis, os usuários têm o comportamento de usar os dispositivos de abertura e sombreamento das janelas, sendo este um comportamento promissor em termos de economia de energia. O ar condicionado era acionado com maior frequência no período da tarde quando as temperaturas são mais elevadas. Quando a temperatura externa estava abaixo de 24°C, identificaram que os usuários preferiam a ventilação natural. No entanto, concluíram que na maioria dos casos o ar condicionado é usado quando a temperatura do ar é superior a 25°C independente da estação do ano. Na Figura 8 é possível identificar a frequência de uso do ar condicionado em cada estação do ano, com maior uso no verão e menor no inverno.

Figura 8 – Distribuição da operação do ar condicionado em cada estação do ano



Fonte: Vecchi (2015)

Além do padrão de uso do ar condicionado ocorrer pela influência da temperatura e estação do ano, Brugnera, Roriz e Chvatal (2013) acreditam que a ocupação é o fator relevante para uso do ar condicionado, justificado pelo fato de que, uma vez acionado, tende a permanecer ligado até o momento de saída do ambiente.

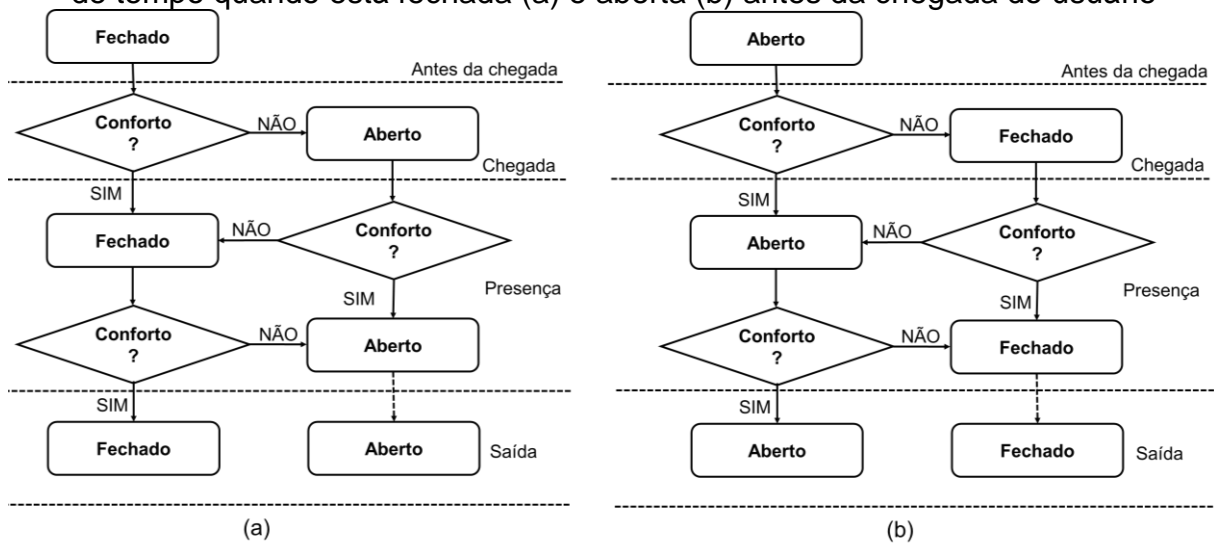
Os referidos autores, compararam as temperaturas externas e internas com o uso dos ventiladores e condicionadores de ar em salas de escritório do Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, em São Carlos em dias de verão. Entretanto, identificaram por meio de análise estatística, que os padrões de operação dos equipamentos estão relacionados com os padrões horários de ocupação das salas e não efetivamente com a temperatura. O momento de

desligamento mais frequente dos aparelhos ocorre no horário de almoço às 12 horas ou na saída no fim do dia. Ademais, observaram que o acionamento dos equipamentos ocorria mesmo encontrando-se na faixa de conforto, assim acreditam que o fato dos usuários possuírem controle de acionamento desses equipamentos, leva-os a utilizá-los por qualquer desconforto mínimo que sentirem.

Contudo, segundo Pan et al. (2018), D'Oca et al. (2018) e Sun et al. (2018), o padrão comportamental no momento de chegada é de abertura das janelas, e o fechamento ocorre quando sentem desconforto térmico para acionar o ar condicionado. Por esse motivo, os usuários tendem a manter as janelas no estado atual até que se sintam desconfortáveis, e operam o ar condicionado somente para adquirir conforto.

Por meio de medição da temperatura e um testador de deslocamento de janela, Pan et al. (2018) verificaram o estado da janela por 9 meses, em escritórios de uma universidade de Pequim, na China. Na pesquisa, diagramaram as possibilidades de mudanças do estado das janelas quando estavam abertas ou fechadas conforme Figura 9. Com isso, os autores adotaram padrões de frequência de controle das janelas categorizados como de frequência baixa, média e alta. Obtiveram que a maioria dos usuários controlam com alta frequência as janelas, seguido de média e pouca frequência. Por meio de regressão logística e correlação de Pearson, constataram que no padrão predominante os usuários costumam abrir as janelas quando chegam no escritório e fecham no final do dia, mas algumas ações de fechamento durante o dia podem ocorrer quando sentem desconforto e acionam o ar condicionado. E o padrão de menor ocorrência foi dos usuários que deixavam as janelas abertas durante a saída no fim do dia até o próximo dia, para ventilação natural noturna e só fechavam no dia seguinte em caso de desconforto.

Figura 9 – Possibilidades de mudança do estado da janela em diferentes períodos de tempo quando está fechada (a) e aberta (b) antes da chegada do usuário

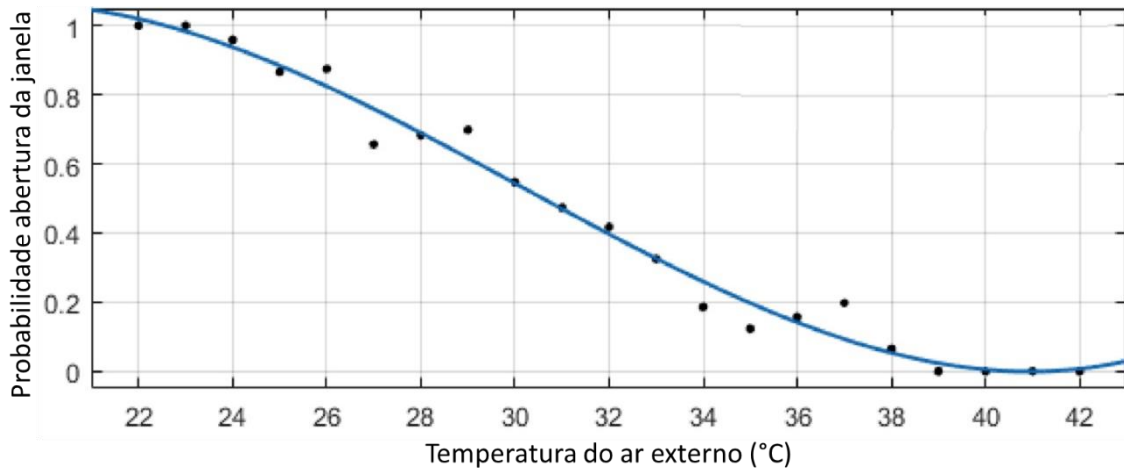


Fonte: Adaptado de Zhang e Barrett (2012); Pan et al. (2018)

Zhou et al. (2018) identificaram a estreita relação do uso das janelas com a temperatura, tal como para o ar condicionado. Em Nanjing, na China, aplicaram questionários e medições de campo durante o período aproximado de 1 mês no verão. Por meio da análise de regressão e correlação de Pearson, constataram que o comportamento operacional das janelas é influenciado pela temperatura externa, conforme a probabilidade exposta na Figura 10.

Diante disso, identificaram três padrões típicos. No padrão A os usuários deixam as janelas abertas à noite para ventilação e fecham na manhã do dia seguinte em dias mais quentes e noites mais frias. No padrão B realizam a abertura das janelas quando chegam de manhã no ambiente, e permanece aberta por pouco tempo antes de ligar o ar condicionado. No padrão C as janelas ficam abertas o dia todo, mas nos dias em que a temperatura externa é de aproximadamente 25 °C. Notaram que o padrão B ocorre com maior frequência, seguidos dos padrões C e A.

Figura 10 - Relação entre temperatura externa e probabilidade de abertura da janela



Fonte: Adaptado de Zhou et al. (2018)

Na análise das pesquisas expostas, é notório que não há um consenso nos resultados obtidos. Tem-se similaridades no padrão de uso de algumas pesquisas, porém sempre há outras que possuem um padrão distinto. Assim, não é possível encontrar de fato uma padronização generalista.

A contrariedade e diversidade nos padrões de uso variam da percepção individual de cada usuário, bem como da região, clima, edificação, sendo que alguns padrões de uso podem ser específicos para cada região como o fechamento das janelas devido a poluição na China, mas também podem ser recorrentes como o acionamento da iluminação artificial no momento de chegada no ambiente.

Diante dessa complexidade, o trabalho se desenvolveu para investigar ao máximo as informações comportamentais referentes às condições ambientais e às características da edificação que os usuários investigados estão suscetíveis. Compreendendo, assim, os possíveis padrões perante as limitações climáticas e projetuais em que estão inseridos.

2.2.2 Padrões de uso presentes na regulamentação de eficiência energética

O regulamento vigente dispõe de diretrizes para avaliar e classificar o nível de eficiência dos edifícios comerciais, de serviço e públicos, o RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Público) (BRASIL, 2010), contudo, não apresenta um padrão de uso específico para edifícios comerciais. No método de simulação

computacional, o RTQ-C determina que sejam construídos um modelo do edifício real e um modelo de referência, mas não especifica nenhum parâmetro de ocupação e uso dos sistemas a ser adotado.

Apesar disso, há uma proposta de aprimoramento do regulamento, que esteve em consulta pública durante o segundo semestre de 2018, delineada na Portaria do Inmetro Nº 248/2018, de 10 de julho de 2018. Atualmente está em fase de consolidação e possui uma previsão para aprovação e substituir o RTQ-C em 2020.

O novo regulamento para avaliar o desempenho energético das edificações, nomeado como Instrução Normativa Inmetro - Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C), estabelece padrões específicos que devem ser utilizados, no método de simulação computacional, para classificar o nível de eficiência da edificação. Além disso, possui a inclusão de diferentes tipologias, como edificações de escritório, educacionais, hospedagem, hospitalares, de varejo, mercados e alimentação, que permite avaliar de modo mais efetivo as particularidades de cada tipologia. Dentre as tipologias estabelecidas pelo INI-C, os edifícios comerciais investigados na pesquisa, se enquadram na referência das edificações de escritório.

A partir dessa segmentação, as edificações de escritórios devem ser simuladas na condição de referência seguindo os seguintes parâmetros estipulados no novo regulamento (INMETRO, 2018; DESTRO, 2019):

- Densidade de potência de iluminação (DPI) → 14,1 W/m²;
- Densidade de potência de equipamentos (DPE) → 9,7 W/m²;
- Coeficiente de performance (COP) → 2,60 W/W;
- Temperatura de *setpoint* para resfriamento → 24,0°C;
- Temperatura de *setpoint* para aquecimento → 18,0°C;
- Ocupação → 10,0 m²/pessoa;
- Horas de ocupação → 10 horas;
- Dias de ocupação → 260 dias.

Para a condição real, as edificações devem ser simuladas seguindo os seguintes parâmetros estipulados no regulamento:

- Densidade de potência de iluminação (DPI) → condição real W/m²;
- Densidade de potência de equipamentos (DPE) → 9,7 W/m²;

- Coeficiente de performance (COP) → condição real;
- Temperatura de *setpoint* para resfriamento → 24,0°C;
- Temperatura de *setpoint* para aquecimento → 18,0°C;
- Ocupação → 10,0 m²/pessoa;
- Horas de ocupação → 10 horas;
- Dias de ocupação → 260 dias.

O regulamento discorre que os dias de ocupação para a tipologia de escritórios foram calculados com base na média de dias de semana por ano, excluindo-se os fins de semana (INMETRO, 2018).

Dessa forma, pesquisas com levantamentos de dados de padrões de uso podem contribuir substancialmente no regulamento, fornecendo informações com base em características autênticas e, assim, aproximar o resultado do consumo das simulações com o real.

2.3 MÉTODOS PARA DETERMINAR PADRÕES DE USO

Apesar de haver a necessidade de coleta de dados e informações sobre a diversidade de uso e ocupação, atualmente as pesquisas têm discutido a respeito de métodos eficazes, que satisfaçam a representatividade dos diversos usos possíveis, para traçar os modelos comportamentais preditivos. Esses modelos são incorporados às programações de simulações de desempenho energético para obter dados estimados de consumo de energia da edificação mais próximos do real, além de permitir investigar o impacto do comportamento no consumo de energia (YAN et al., 2015). Todavia, ainda não há um consentimento sobre o método mais adequado para provisionar esse modelo.

Os métodos devem proporcionar uma modelagem robusta e reproduzir as diversas opções comportamentais e incerteza dos usuários, prevendo os momentos de ocupação e quando irão realizar as ações (YAN et al., 2015, O'BRIEN et al., 2017). No entanto, segundo O'Brien et al. (2017), a maior parte das pesquisas concentraram-se em encontrar um usuário típico ao invés de obter sua diversidade de comportamentos e ocupação, refletindo em modelos de representatividade estatística, sem contemplar a aleatoriedade existente.

2.3.1 Coleta de dados

Notoriamente, os modelos de padrões de uso só conseguem ser determinados diante do conhecimento das ações reais ocorrentes no controle dos sistemas dos edifícios com dados observacionais (YAN et al., 2015). Para levantar dados com informações reais de uso das persianas, janelas, iluminação, ar condicionado, entre outros, é necessário realizar pesquisas de campo.

Os dados são coletados a partir de questionários ou medição, ou ambos. Os questionários podem ser respondidos eletronicamente ou através de entrevistas feitas pelo pesquisador. As medições são realizadas com sensores que registram dados de presença, temperatura e umidade do ar, momento de abertura (para janelas), intensidade de iluminação, *setpoint* de ar condicionado, entre outros. Esses sensores estão avançando rapidamente e possuem como vantagens a possibilidade de captar informações específicas de cada variável facilmente, maior precisão nas informações coletadas e obter dados por um longo período de tempo. Contudo, os sensores possuem custo elevado para as pesquisas e as que o utilizam apresentam uma abrangência menor de amostras de ambientes e usuários estudados. Já os questionários apresentam menor custo e possibilidade maior de amostra, mas com menor precisão nas informações, pois depende do relato transmitido pelo usuário (HONG et al., 2017).

A dificuldade deparada está associada à coleta de bons dados adequados à modelagem do comportamento, na falta de dados padronizados, e nas incertezas do comportamento (HONG et al., 2016). No entanto, os estudos tendem a continuar mensurando a hierarquia das ações comportamentais dos usuários com maior precisão para cada contexto em que o usuário estiver inserido (LANGEVIN; WEN; GURIAN, 2017). Hong et al. (2017) complementa que a coleta de dados sobre as ações do usuário é a expectativa do setor da construção para alcançar os níveis de eficiência energética nos edifícios.

2.3.2 Métodos estatísticos

Os métodos mais utilizados para determinar os padrões de uso encontrados na literatura se concentram em Análise Estatística, Modelo Estocástico, Mineração de dados e a Modelagem baseada em agentes. Apesar da análise estatística ser a mais comumente usada desde as primeiras pesquisas para obter padrões de uso (HALDI; ROBINSON, 2010; YUN; KIM; KIM, 2012; ZHANG; BARRETT, 2012; LANGEVIN; WEN; GURIAN, 2015; SCHAKIB-EKBATAN et al., 2015; SUN et al., 2018), atualmente, a modelagem dos usuários foi realizada predominantemente com métodos estocásticos (FENG; YAN; HONG, 2015; CHEN; XU; SOH, 2015; MAHDAVI; TAHMASEBI, 2015; WOLF et al., 2017; GUNAY et al., 2017).

Verifica-se em estudos mais recentes sobre o comportamento dos usuários que há uma tendência de aplicar a mineração de dados para obter os modelos preditivos, pois atingem melhores níveis de previsão (ZHANG et al., 2018). No entanto, em geral, não se pode afirmar que um método é superior a outro, pois cada um possui suas vantagens e limitações que devem ser correlacionadas com o objetivo da pesquisa (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017).

A análise estatística é o método mais tradicional e comum na modelagem de comportamento dos usuários. Pode ser utilizada para identificar padrões comportamentais em edifícios, pois estabelece relações numéricas entre os usuários e as condições do ambiente interno e externo. As análises são realizadas por regressão linear e/ou logística (SUN et al., 2018; ZHANG et al., 2018).

Os modelos estocásticos são formados pela probabilidade que um comportamento específico tende a ocorrer, sendo adotados por muitos pesquisadores devido a natureza aleatória do comportamento dos usuários (ZHANG et al., 2018). Esses modelos são usados para representar a ocupação e as ações dos usuários, e podem avaliar o impacto da influência dos usuários no consumo de energia do edifício (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). Os principais modelos estocásticos usados são modelos de cadeia de Markov, processo de Bernoulli e análise de sobrevivência (HONG et al., 2016).

A mineração de dados é usada para modelar o comportamento de usuários com grande número de dados, e prever padrões de ocupação de longo prazo (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). Esse método supera as deficiências dos

demais, particularmente quando se trata de fluxos de muitos dados. Os principais modelos de mineração de dados usados são análise de cluster, *machine learning* e *deep learning* (D'OCA; HONG, 2014; HONG et al., 2017; MARKOVIC et al., 2018).

A modelagem baseada em agentes (ABM) é uma abordagem relativamente nova na modelagem do comportamento dos usuários e ainda está em fase de desenvolvimento (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). Esse modelo simula as interações dos usuários entre si e com o seu ambiente sob condições especificadas, como regras de comportamento, memória, recursos e tomada de decisão (HONG et al., 2016; ZHANG et al., 2018).

Na literatura, diversas pesquisas apontaram aspectos favoráveis e desfavoráveis que identificaram na aplicação dos métodos, sintetizados na Tabela 3.

Tabela 3 - Aspectos favoráveis e desfavoráveis dos métodos utilizados para obter padrões de uso

| Método | Aspectos favoráveis | Aspectos desfavoráveis |
|------------------------------|--|---|
| Análise estatística | <ul style="list-style-type: none"> → Obtêm a probabilidade de um comportamento e frequência dos padrões de uso (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). → Adequado para modelar o comportamento dos usuários (GUNAY, O'BRIEN e MORRISON, 2013). | <ul style="list-style-type: none"> → Se limita a análise de um ou dois tipos de comportamento (FABI et al., 2014). → Dificulta a formação de um modelo mais abrangente das ações do usuário (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). → Correlacionado apenas com variáveis ambientais (LANGEVIN, GURIAN, WEN, 2015). |
| Modelo estocástico | <ul style="list-style-type: none"> → Prevê a probabilidade que um comportamento específico tem de ocorrer. → Compreende a natureza aleatória do comportamento (ZHANG et al., 2018). → Boa representatividade da diversidade comportamental (HALDI, 2013) | <ul style="list-style-type: none"> → Não é capaz de reproduzir todos os dados (WOLF et al., 2017). → Não resultam, necessariamente, em um modelo preditivo ótimo (YAN et al., 2015; MAHDAVI; TAHMASEBI, 2015). |
| Mineração de dados | <ul style="list-style-type: none"> → Processa um grande número de dados e de um longo período de tempo (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). → Compreensão dos padrões com análise de vários fatores (D'OCA; HONG, 2014). → Modelos confiáveis com análise rápida e alta replicação (JIA, SRINIVASAN, RAHEEM, 2017). → Alta precisão na previsão de padrões comportamentais (ZHANG et al., 2018). | <ul style="list-style-type: none"> → Não foram eficientes para a combinação das ações (FENG et al., 2016). → Pode superestimar a proporção de tempo e o número de ações diárias (MARKOVIC et al., 2018). |
| Modelagem baseada em agentes | <ul style="list-style-type: none"> → Simula as interações dos usuários entre si e com o ambiente (HONG et al., 2016; ZHANG et al., 2018). → Modela a influência do comportamento de um usuário para com o outro (AZAR E MENASSA, 2012). | <ul style="list-style-type: none"> → Poucas pesquisas com aplicação do método ABM. → Não considera adaptações comportamentais originadas por razões não térmicas (LANGEVIN; WEN; GURIAN, 2017). |

Considerando a abordagem da literatura em relação a cada método exposto, é evidente que ainda não há um modelo suficientemente desenvolvido (YAN et al., 2015). Inclusive, até o momento, as pesquisas focaram na análise em relação a operação de um, ou até dois, sistemas específicos e separam os usuários em ativos ou passivos. Mas ainda não está claro se um usuário ativo de um sistema também é ativo nos outros, sendo importante expandir as análises do comportamento em múltiplas ações.

Portanto, as pesquisas futuras terão aprofundamento maior se conseguirem explorar modelos de usuários com várias ações associadas, como o uso de iluminação, persianas, janelas e ar condicionado (O'BRIEN et al., 2017). Segundo Langevin, Gurian e Wen (2015) o ambiente de escritório necessita de coleta contínua de dados de uso em diferentes contextos climáticos para poder apontar algumas hierarquias "típicas" para cada clima.

Apesar de diversos países coletarem dados como os Estados Unidos, Canadá, Itália, Coréia, Alemanha, Brasil e China, sendo a China com mais pesquisas desenvolvidas atualmente, ainda não existe um consenso sobre o modo de controle dos usuários e os fatores motivadores que influenciam seus comportamentos (D'OCA e HONG, 2014). Ademais, a coleta de dados para definição dos padrões de uso, é usualmente realizada através de questionários e/ou medidores, sem aferir o consumo energético real, sendo obtido apenas por meio de simulações computacionais.

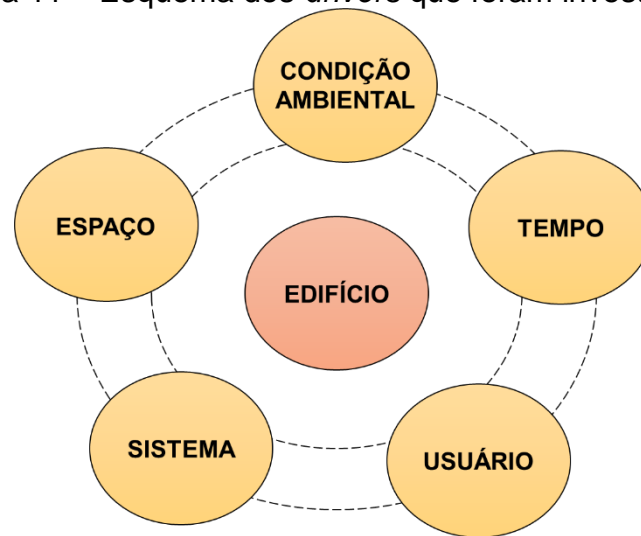
Dessa forma, a presente pesquisa ampliará as informações de padrões comportamentais com dados de múltiplas ações no controle de persianas, janelas, iluminação e ar condicionado, bem como, promoverá o levantamento do consumo de energia efetiva.

3 MÉTODO DE PESQUISA

A revisão bibliográfica proporcionou o entendimento de que os padrões de uso programados nas simulações termoenergéticas podem não corresponder às ações reais, pois o comportamento do usuário é estocástico e influenciado por inúmeros fatores. As possibilidades de padrões de uso também são diversificadas. O presente trabalho investigou os modelos comportamentais relacionados ao uso de energia em um edifício comercial por meio de um estudo de campo com levantamento de dados e entrevista com os usuários. Foi considerado o clima em que o edifício está inserido, suas características construtivas, os fatores que influenciam as ações dos usuários e o consumo de energia real das salas. Com aplicação da técnica de mineração de dados pela análise de cluster, foi possível identificar os grupos de padrões de uso dos sistemas pertinentes àquela edificação e clima. Além disso, com o teste qui-quadrado foi possível verificar a influência dos fatores no agrupamento.

A fim de alcançar um aprofundamento no entendimento dos padrões de uso, o estudo analisou as ações dos usuários sob o montante dos diversos fatores existentes, amplamente citados por Fabi et al. (2012) e sistematizados na pesquisa de Hong et al. (2015a). Além das variáveis apontadas por Hong et al. (2016), foi considerado uma amostra representativa da diversidade de usuários (HONG et al., 2016). Em síntese, *drivers* são fatores relacionados aos edifícios, usuários, sistemas, condição ambiental e tempo, e que afetam os fatores relativos à categoria *needs*. *Needs*, por sua vez, estão relacionados às necessidades físicas e não físicas dos usuários, no qual ambos possuem influência nas ações dos usuários (HONG et al., 2015a).

Como a pesquisa se desenvolveu em um único edifício, esse *driver* é igual para todas as análises, considerado nessa pesquisa, como um *driver* fixo. Tendo em vista esse conceito, a pesquisa permite extrapolar os resultados para edifícios que estejam submetidos às condições climáticas e propriedades térmicas similares ao do edifício investigado. Tais informações estão elucidadas no item seguinte. Os demais *drivers* foram investigados individualmente para cada usuário, sendo, portanto, *drivers* não fixos. Complementa-se que o *driver* espaço inserido neste trabalho compreende as salas comerciais. A Figura 11 sintetiza os grupos de *drivers* analisados.

Figura 11 – Esquema dos *drivers* que foram investigados

Fonte: A autora (2020)

Após a revisão bibliográfica, a pesquisa se desenvolveu em 3 etapas, sintetizadas no Quadro 1. Primeiramente, foi necessário definir o objeto de estudo, apurar suas características termofísicas, e selecionar as salas que seriam investigadas. Na segunda etapa foi estabelecido quais fatores de influência no comportamento do usuário seriam levantados, e produziu-se o formulário com base nos *drivers* sistematizados na pesquisa de Hong et al. (2015a). Ainda na segunda etapa, os dados foram coletados por meio de medição, observação e entrevistas. Na terceira etapa foram analisados os fatores coletados que influenciam na operação dos sistemas investigados, bem como foram determinados os padrões de uso existentes por meio da análise de cluster, explorando as características de cada padrão encontrado. Por fim, foi identificada a influência dos fatores para cada cluster por meio do teste qui-quadrado.

Quadro 1 - Etapas de desenvolvimento da pesquisa

| | |
|-----------------|---|
| 1ª ETAPA | <ul style="list-style-type: none"> • Definição do objeto de estudo • Levantamento das características termofísicas do edifício • Definição das salas investigadas |
| 2ª ETAPA | <ul style="list-style-type: none"> • Definição dos fatores investigados • Desenvolvimento do formulário • Coleta de dados |
| 3ª ETAPA | <ul style="list-style-type: none"> • Análise dos fatores de influência na operação dos sistemas • Determinação dos padrões de uso • Identificação dos fatores preponderantes em cada cluster |

Fonte: A autora (2020)

3.1 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

O *driver* fixo edifício está relacionado com as características gerais atribuídas à edificação, tal como propriedades termofísicas da envoltória, o clima que está inserido, características geométricas e aberturas (STAZI; NASPI; D'ORAZIO, 2017; DELZENDEH et al., 2017). Além das características, está associado à sua localização, a condição de ruído do entorno, proximidade com outras edificações, e orientação solar (SCHAKIB-EKBATAN et al., 2015).

O esquema apresentado na Tabela 4 detalha as informações apuradas referente ao *driver* fixo edifício, abrangendo 13 fatores. Esses dados foram levantados mediante a análise de projeto técnico e consulta com responsáveis pela construção, no entanto, quando necessário, foram aferidos *in loco* através de observações da pesquisadora.

Tabela 4 - Definição dos fatores relacionados ao *driver* fixo edifício

| Categoria | Sub-categoria | Fatores | Níveis |
|------------------|----------------------|--|------------------------------|
| EDIFÍCIO | Componentes | Materiais construtivos | Tipos de materiais |
| | | Quantidade de salas comerciais | nº de salas ocupadas |
| | | Quantidade de aberturas | nº de janelas |
| | Propriedades | Taxa de ocupação | m ² /usuário |
| | | Área construída | m ² |
| | | Transmitância térmica | Upar (W/m ² .K) |
| | | Absortância solar | α |
| | | Capacidade térmica | CT (kJ/m ² .K) |
| | | Porcentual de aberturas (área envidraçada) | % |
| | | Fator solar do vidro | FS |
| | Localização | Orientação Solar | Norte / Sul / Leste / Oeste |
| | | Entorno | Ruas, edifícios, praças, etc |
| | | Existência de ruas movimentadas | Sim / Não |

Fonte: A autora (2020)

A escolha do edifício para realizar o estudo de campo foi determinada com base em alguns critérios traçados pela autora, bem como levado em consideração as possibilidades de edificações existentes na cidade em que foi desenvolvida a pesquisa, Londrina no estado do Paraná. Portanto, foi definido que o edifício:

- Possuísse até 10 anos (construídos a partir de 2010 por disporem de tecnologias atuais que incorporem a eficiência energética no elemento envidraçado);
- Possuísse ocupação de usuários pelo período mínimo de um ano;
- Presença de vidros de controle solar;
- Presença de janelas passíveis de abrir, que permitam os usuários operarem se optarem pelo uso da ventilação natural;
- Pavimento tipo com possibilidade de flexibilidade para disposição do *layout* das salas comerciais;
- Dispor de salas com aberturas voltadas para uma ou mais orientações solares sendo, norte, sul, leste e oeste;
- A aceitabilidade do condomínio em participar da pesquisa.

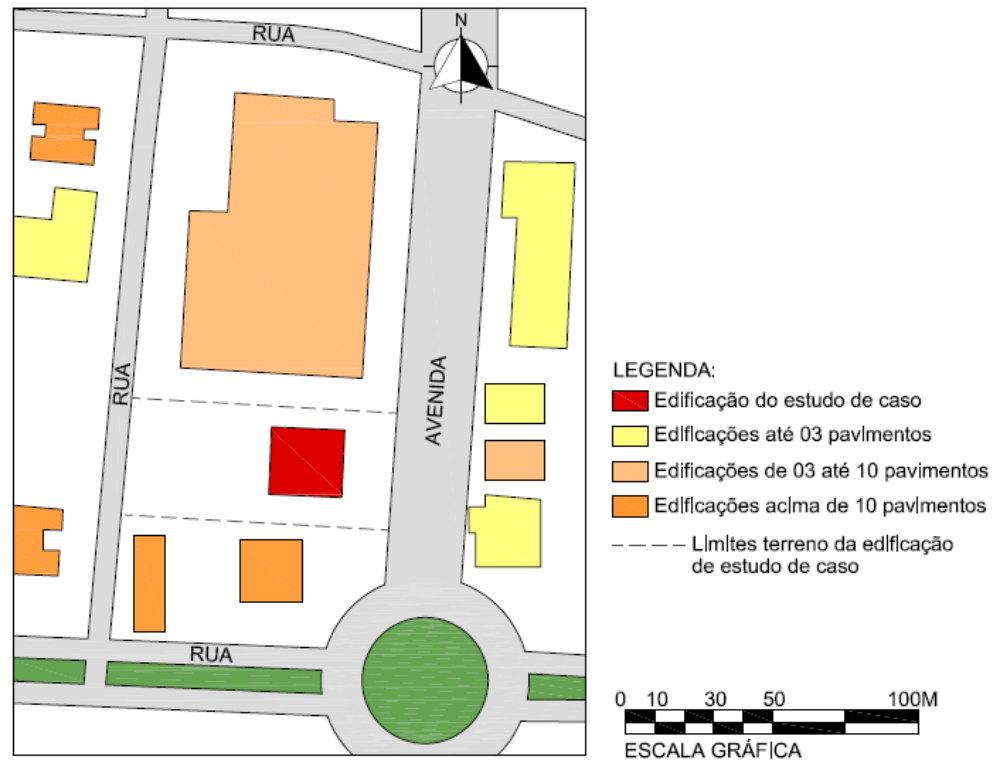
Construído em 2014, o edifício está localizado na cidade de Londrina, estado do Paraná. Segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005) a cidade de Londrina está inserida na zona bioclimática 3, considerada por verão quente e úmido, e inverno seco. Contudo, a nova proposta de regulamento, o INI-C (INMETRO, 2018), possui uma nova divisão com 24 grupos climáticos, em que Londrina se enquadra no grupo climático 15, caracterizado com temperatura média anual entre 21°C e 25°C, e amplitude média anual maior que 11,9°C (RORIZ, 2014).

O edifício está localizado em um bairro de alto padrão na cidade, com a fachada principal voltada para a face leste, defronte a uma avenida movimentada, conforme pode-se observar na Figura 12. As fachadas laterais, orientadas para o norte e sul, estão próximas de outros edifícios construídos. Ao norte está distante aproximadamente 15 metros de uma edificação baixa com cerca de 5 pavimentos, e ao sul está distante aproximadamente 20 metros de uma edificação de 19 pavimentos. Com relação à fachada voltada para oeste, esta encontra-se direcionada para uma rua a qual faz limite com o terreno da edificação. O terreno de frente para a fachada oeste não possui edificação construída até o momento da pesquisa.

A Figura 13 apresenta as fachadas do edifício constando sua orientação solar. Além disso, é possível observar a relação entre as áreas envidraçadas e os

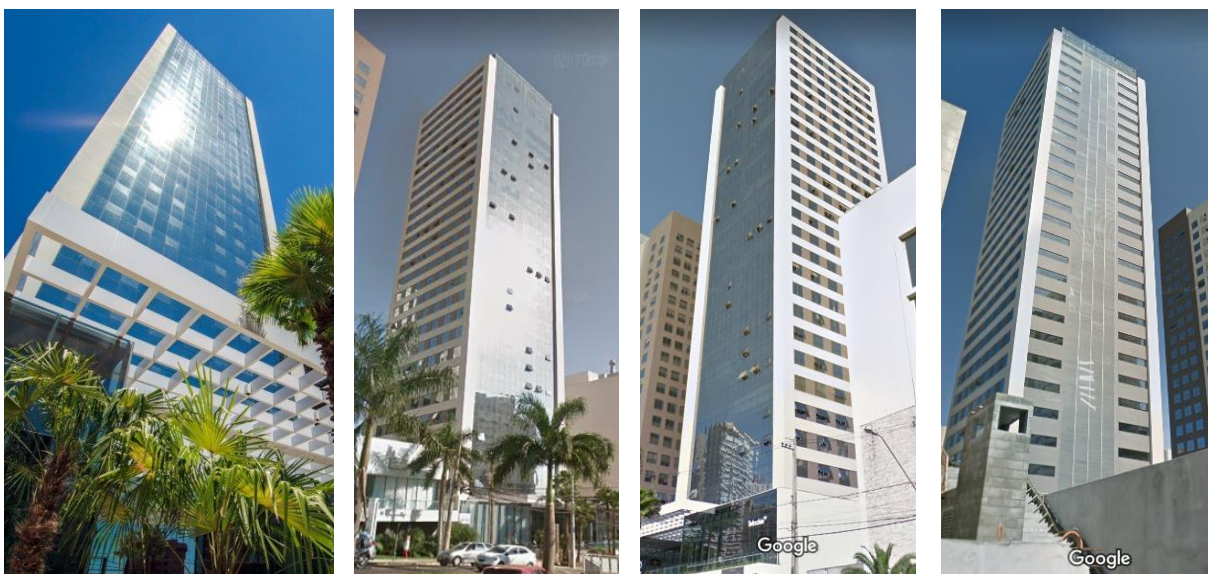
fechamentos opacos, bem como os materiais e cores dos acabamentos nas fachadas, no qual são discriminados adiante.

Figura 12 - Implantação esquemática do entorno imediato da edificação do estudo de caso



Fonte: A autora (2020)

Figura 13 - Imagens das fachadas da edificação do estudo de caso



(a)
Fachada Leste

(b)
Fachadas Sul e Leste

(c)
Fachadas Leste e Norte

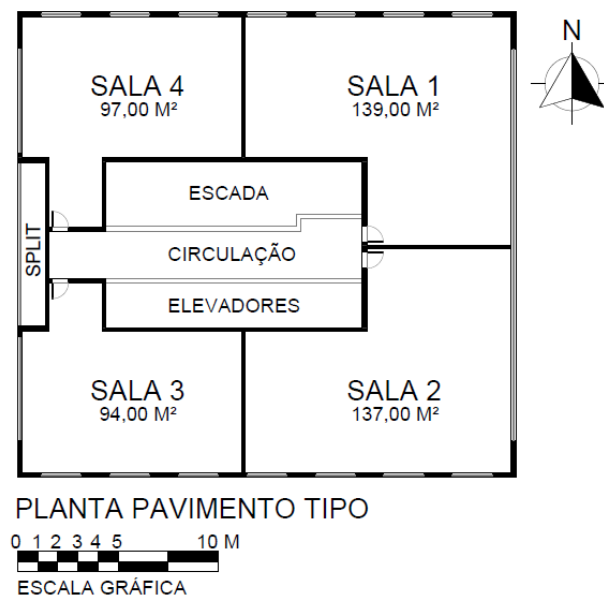
(d)
Fachada Oeste

Fonte: Google Maps (2020)

O edifício possui 27 andares de pavimento tipo dividido com opção de 04 salas comerciais, representados na Figura 14, que podem ser unificadas para três, duas, ou uma única sala por pavimento. A opção da menor sala possui 94,00 m² e da maior sala 468,13 m², com possibilidade tanto de salas privadas quanto de plano aberto. Atualmente, há aproximadamente 77 salas comerciais com metragens variando entre a menor e maior opção de sala. A torre totaliza 15.278,76 m² construídos, e abrange uma envoltória com 9.135,51 m² de área.

Considerando que os padrões de uso foram determinados perante as mesmas condições de influências térmicas e características construtivas, a pesquisa se desenvolveu na análise do comportamento dos usuários localizados nos pavimentos tipos.

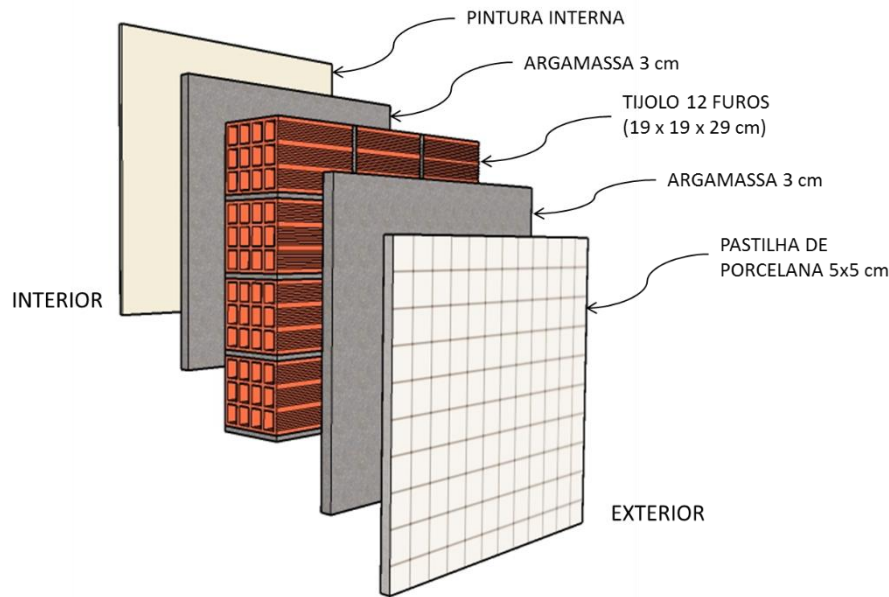
Figura 14 – Planta baixa do pavimento tipo do edifício de estudo de caso



Fonte: A autora (2020)

O sistema construtivo do edifício é em concreto armado moldado *in loco*, com lajes nervuradas e alvenaria de vedação. O componente construtivo das paredes externas, ilustrado na Figura 15, possui uma espessura total de 27,5 centímetros, com bloco cerâmico de 12 furos, argamassa interna e externa de 3 centímetros, pintura interna e revestimento externo com pastilha de porcelana nas cores branca e marrom com 2,5 centímetros de espessura.

Figura 15 – Componente construtivo das paredes externas do edifício de estudo



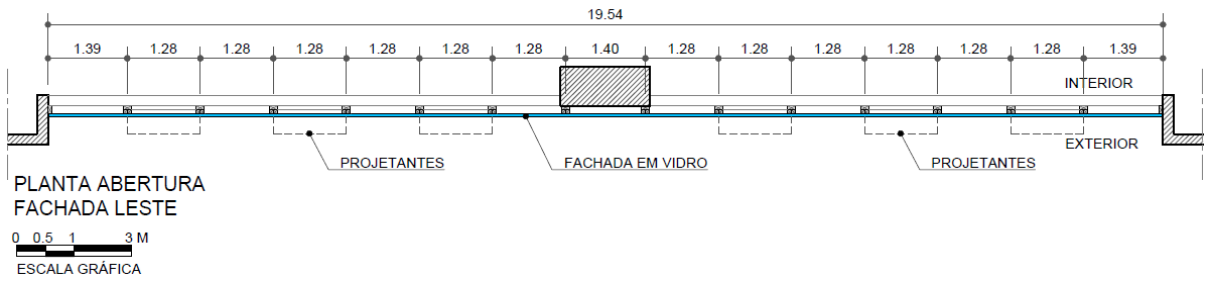
Fonte: A autora (2020)

As 4 fachadas da edificação possuem dimensões muito similares, porém diferem-se sobretudo quanto ao percentual de aberturas que as constituem, representadas nas Figura 16 e Figura 17. A fachada principal da edificação é revestida por uma pele de vidro espelhado na cor prata. Está direcionada para a orientação solar leste e apresenta o maior percentual de aberturas na fachada (PAF_{leste}) de 56,25%. Com relação às salas com esta fachada, apresentam grandes vãos de abertura, do piso até a viga superior, e de uma extremidade a outra da sala, conseqüentemente, recebem as maiores influências térmicas das aberturas.

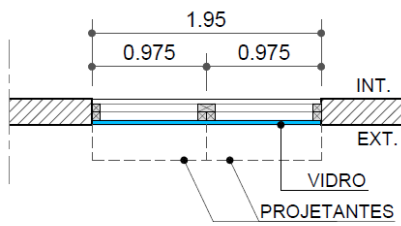
As fachadas voltadas para o norte e sul são semelhantes entre si na disposição dos elementos translúcidos e opacos, com um $PAF_{\text{norte/sul}}$ de 32,42%. Com relação a fachada oeste, esta apresenta o menor percentual de aberturas, com um PAF_{oeste} de 16,40%. Ademais, as lajes técnicas para os sistemas de ar condicionado do tipo *split* se concentram na fachada oeste, dispoñdo também de uma envoltória com menor área para trocas térmicas com o meio exterior. Dessa forma, o edifício constitui um PAF total de 34,31%.

Destaca-se que, toda a envoltória está submetida a radiação solar direta, com ausência de qualquer elemento de sombreamento externo.

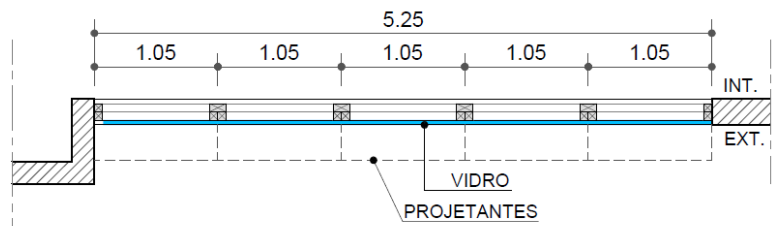
Figura 16 - Planta das aberturas de todas as fachadas do edifício de estudo



(a)



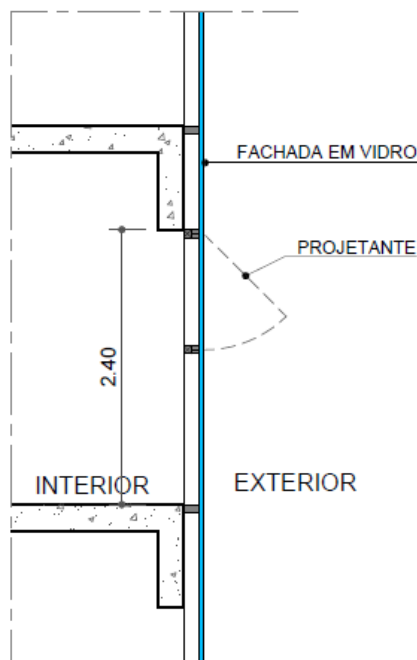
(b)



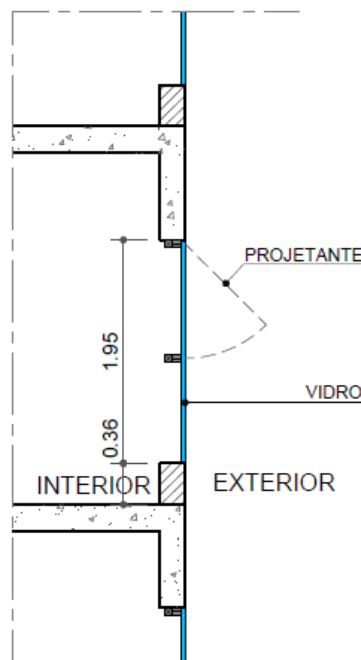
(c)

Fonte: A autora (2020)

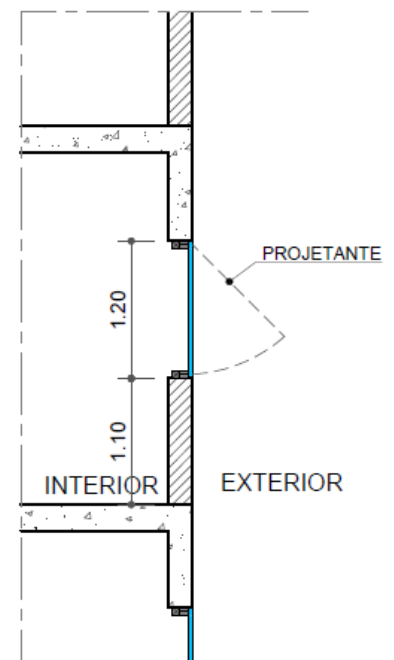
Figura 17 – Seção das aberturas de todas as fachadas do edifício de estudo



(a)



(b)



(c)

0 0.1 0.5 1 M
ESCALA GRÁFICA

Fonte: A autora (2020)

As propriedades termofísicas analisadas nesta pesquisa, foram fundamentadas nos parâmetros utilizados pelo RTQ-C (BRASIL, 2010) e o INI-C (INMETRO, 2018) para a classificação do nível de eficiência energética da envoltória da edificação. Dessa forma, foram verificadas as propriedades de transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar referentes às paredes; e a transmitância térmica e fator solar referentes ao vidro das aberturas.

Os valores obtidos para a transmitância e capacidade térmica das paredes externas, seguiu o procedimento de cálculo estabelecido na NBR 15220-2 (ABNT, 2005). A absorvância solar das cores foram determinadas segundo o Anexo Geral V da Portaria do INMETRO nº 50 (INMETRO, 2013), sendo o valor final estabelecido com o emprego da média ponderada. Em relação ao vidro, os valores empregados estão de acordo com a especificação apresentada pelo fabricante.

Demais parâmetros pertinentes à envoltória presente nos métodos do RTQ-C e INI-C também foram levantados, levando em consideração apenas a torre vertical (do primeiro ao último pavimento). Assim, foi verificado: área total construída, área de projeção da cobertura, área de projeção da edificação, volume total, área da envoltória, percentual de aberturas, ângulos de sombreamento, dias de ocupação e taxa de ocupação. Tais valores foram estabelecidos conforme os dados contidos em projeto arquitetônico fornecido pelos responsáveis técnicos da edificação.

3.2 LEVANTAMENTO DOS FATORES DE INFLUÊNCIA

3.2.1 Driver espaço

O *driver* espaço está pautado nas características específicas de cada sala, sendo principalmente relacionada a orientação, pois influenciará diferentemente nos níveis de conforto (CORBELLA; CORNER, 2011; LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014). A taxa de ocupação também é particular, impactando, sobretudo, na concentração de CO₂ e radiação emitida pela presença dos usuários no espaço (HONG et al., 2016).

Acrescenta-se, ainda, a importância de quantificar o consumo de energia real (HONG et al., 2017), pois mesmo salas semelhantes e condicionadas às mesmas

características e influências externas, apresentam variações no uso de energia (PISELLO et al., 2016).

Portanto, foram coletados 8 fatores referente ao *driver* espaço, sistematizados na Tabela 5.

Tabela 5 - Definição dos fatores relacionados ao *driver* espaço

| Categoria | Subcategoria | Fatores | Níveis |
|--|---------------------|--------------------------|-------------------------|
| ESPAÇO | Característica | Número de usuários | nº |
| | | Taxa de ocupação | m ² /usuário |
| | | Área útil da sala | m ² |
| | | Consumo médio mensal | kWh / mês |
| | | Orientação solar da sala | Norte |
| | | | Sul |
| | | | Leste |
| | | | Oeste |
| Natureza da atividade da sala | Serviço que realiza | | |
| Presença de servidor | Sim / Não | | |
| Equipamentos específicos (atípicos) com demanda de energia | Sim / Não | | |

Fonte: A autora (2020)

O fator referente a natureza da atividade está relacionado a categoria de serviço que a empresa ou escritório exercem. A presença de servidor aponta se há algum equipamento que permanece ligado para armazenamento de dados. Quanto aos equipamentos específicos (atípicos) com demanda de energia, indica a existência de aparelhos incomuns nas salas, como por exemplo, compressores e esterilizadores presentes nos consultórios odontológicos. Os equipamentos como geladeira, frigobar, micro-ondas, computador, são comuns nas salas em estudos.

3.2.2 Driver tempo

Referente ao *driver* tempo, compreende-se este sendo a hora do dia, o dia da semana e o mês. Diversas pesquisas como as de Yun, Kim e Kim (2012), Brugnera, Roriz e Chvatal (2013), Silva, Leal e Andersen (2013), Leite e Gutierrez (2016) e Gunay et al. (2017), constataram que as ações dos usuários e o uso dos sistemas estão fortemente ligadas a hora do dia, principalmente o horário de chegada e saída do ambiente. Constatar o dia da semana tem o objetivo de diferenciar o nível

de ocupação nos dias típicos dos demais, como nos sábados e feriados (FENG, YAN, HONG; 2015).

Ademais, através dos meses obtém-se as estações do ano, uma das condicionantes mais importantes nos estudos de comportamento do usuário relacionado à energia, no qual há o predomínio do uso de alguns sistemas em determinadas estações do ano (LANGEVIN; GURIAN; WEN, 2015; VECCHI et al., 2017). Assim, 3 fatores foram coletados relacionados a esta categoria, conforme exposto na Tabela 6.

Tabela 6 - Definição dos fatores relacionados ao *driver* tempo

| Categoria | Subcategoria | Fatores | Níveis |
|------------------|---------------------|----------------|---|
| TEMPO | Diário | Data | dd/mm/aa |
| | | Horário do dia | Começo -manhã/tarde Meio - manhã / tarde Fim - manhã / tarde |
| | | Dia da semana | Segunda / Terça / Quarta / Quinta / Sexta / Sábado / Domingo |

Fonte: A autora (2020)

3.2.3 Driver condições ambientais

Como visto, a temperatura é, inevitavelmente, incluída nas pesquisas de comportamento do usuário e, considerada, indiscutivelmente, a mais influente (BORGESON; BRAGER, 2008; HALDI; ROBINSON, 2008; ZHANG; BARRETT, 2012; SCHAKIB-EKBATAN et al., 2015; LI et al., 2015; PAN et al., 2018; ZHOU et al., 2018; D'OCA et al., 2018; SUN et al., 2019).

O *driver* condições ambientais, estruturado na Tabela 7, engloba o clima da região que a edificação está inserida, as variáveis ambientais externas que envolvem o edifício e as internas em um determinado momento. Segundo Hong et al. (2015a), as condições ambientais externas condicionarão as condições internas do ambiente. Desse modo, a temperatura interna que influenciará no conforto térmico, está vinculada à externa. Inclusive, o estado climático do momento, também intervém nas ações do usuário. Dessa forma, tem-se 7 fatores que foram apurados relacionados a essa categoria.

Tabela 7 - Definição dos fatores relacionados ao *driver* condições ambientais

| Categoria | Subcategoria | Fatores | Níveis |
|----------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------|
| CONDIÇÕES AMBIENTAIS | Condições externas | Temperatura externa | °C |
| | | Umidade relativa externa | 0 a 100% |
| | | Clima no momento | Ensolarado |
| | | | Chuvas isoladas |
| | Chuvoso | | |
| | Condições internas | Temperatura interna | °C |
| | | Umidade relativa interna | 0 a 100% |
| | | Nível de pressão sonora no ambiente | dB |
| Iluminância no plano de trabalho | | lux | |
| | | Parcialmente nublado | |

Fonte: A autora (2020)

3.2.4 Driver sistema

O *driver* sistema, por sua vez, está relacionado ao tipo e propriedades que os sistemas instalados apresentam (STAZI; NASPI; D'ORAZIO, 2017; DELZENDEH et al., 2017), bem como o estado que se encontra. O seu estado sugere a probabilidade do usuário interagir ou não com o sistema. A Tabela 8 expõe os fatores ligados ao *driver* sistema, no qual foram coletados ao todo 24 fatores.

Tabela 8 - Definição dos fatores relacionados ao *driver* sistema

| Categoria | Subcategoria | Fatores | Níveis |
|--|--|--------------------------------------|---|
| SISTEMA | Janela | Existência do sistema | Sim / Não |
| | | Estado | Aberta / Fechada Parcialmente aberta |
| | | Quantidade de janelas | n° de janelas |
| | | Quantidade de janelas fixas | n° de janelas fixas |
| | Elementos internos de sombreamento | Existência do sistema | Sim / Não |
| | | Estado | Aberta / Fechada Parcialmente aberta |
| | | Cor | Nome da cor |
| | | Material | Alumínio |
| | | | Tecido leve |
| | | | Tecido grosso |
| | Tela Solar Outros | | |
| | Iluminação | Estado | Ligada / Desligada Parcialmente ligada |
| | | Tipo de luminárias | Refletora |
| | | | Placa de LED |
| | | | Spot |
| | | | Placa Leitosa Outro |
| | | Quantidade de cada tipo de luminária | n° de luminárias |
| | | Tipo de lâmpadas | LED |
| | | | Fluorescente |
| | | | Incandescente |
| | | | Halógena Outro |
| | Quantidade de cada tipo de lâmpada | n° de lâmpadas | |
| | Divisão de circuitos | Sim / Não | |
| | Tipo de acionamento | Manual Automático Outro | |
| | Acionamento independente para luminárias próximas as janelas | Sim / Não | |
| | Ar condicionado | Existência do sistema | Sim / Não |
| | | Estado | Ligado / Desligado |
| Tipo do ar condicionado | | Split Parede | |
| | | Split Cassete | |
| | | Central | |
| | | Outro | |
| Quantidade de ar condicionado | | n° de ar condicionados | |
| Tipo de operação | | Frio / Ciclo reverso | |
| Capacidade de refrigeração | | Btu/h | |
| Classificação de eficiência energética | A / B / C / D / E | | |
| Temperatura programada, se ligado | °C | | |

Fonte: A autora (2020)

3.2.5 Driver usuário

O *driver* usuário é o mais complexo e relacionado a um elevado número de fatores. Abrange atributos ligados as condições fisiológicas como idade, gênero, tipo de atividade que exerce, se a empresa permite que os usuários controlem os sistemas, entre outros (FABI et al., 2012). Simultaneamente, as atitudes dos usuários determinam seu perfil de uso de energia, podendo proporcionar maior ou menor consumo de energia (KARJALAINEN, 2007; AZAR; MENASSA, 2012; HONG; LIN, 2013).

Ademais, o estado do usuário em um instante, se está chegando ou permanece no ambiente, pode interferir na sua taxa metabólica, assim como sua vestimenta (STAZI; NASPI; D'ORAZIO, 2017; GUNAY; O'BRIEN; BEAUSOLEIL-MORRISON, 2013). Outro fator influente é se está localizado próximo das aberturas, pois estará mais exposto às condições ambientais (HONG et al., 2015a), e no tipo de layout, que vinculará a autonomia no uso dos sistemas (LANGEVIN; GURIAN; WEN, 2015). A Tabela 9 expõe os fatores ligados ao *driver* usuários. Ao todo foram 30 fatores coletados relativos a esta categoria.

As questões desenvolvidas no formulário para as entrevistas e observações realizadas, tiveram o objetivo de explorar as seguintes:

- **Localização:** se refere a posição do usuário no seu ambiente de trabalho, observando se está próximo ou distante das janelas, sob qual orientação solar recebe influência, e se está em sala compartilhada com outros usuários;
- **Atributos:** está relacionado as particularidades individuais de cada usuário, como idade, gênero, atividade que exerce, dias e horas de trabalho, se é responsável pela conta de energia e se possui autonomia para operar os sistemas;
- **Estado:** condiz com um momento específico que o usuário se encontra, no qual é suscetível a alterações, sendo, o tipo de vestimenta que está usando, há quanto tempo está no ambiente e sua satisfação com o conforto térmico;
- **Atitudes:** se referem às decisões e ações de cada usuário como a frequência de uso dos sistemas, preferências de uso, hábitos de uso, nível de conforto térmico e lumínico, entre outros.

Tabela 9 - Definição dos fatores relacionados ao *driver* usuário

| Categoria | Subcategoria | Fatores | Níveis |
|--|---|--|--|
| USUÁRIO | Localização | Localização do usuário em relação a orientação solar | Ao Norte / Ao Sul Ao Leste / Ao Oeste |
| | | Proximidade do usuário com a janela | Próximo da janela Intermediário Distante da janela |
| | | Layout do ambiente | Layout aberto Layout privado |
| | Atributos | Gênero | Feminino / Masculino |
| | | Idade | Anos |
| | | Atividade que o usuário exerce | Profissão |
| | | Taxa metabólica | Atividade sentado Atividade leve em pé Ativ. média em pé |
| | | Dias de ocupação | n° de dias/semana |
| | | Horas de ocupação | Horário de chegada Horário de saída |
| | | Permanência na sala no horário de almoço | Sim / Não |
| | | Responsável pelo pagamento - conta energia | Sim / Não |
| | Estado | Vestimenta | 0,3 clo/0,5 clo/0,7 clo 1,0 clo / 1,2 clo |
| | | Condição no momento | Chegar no ambiente Permanecer no amb. Partir do ambiente |
| | | Conforto térmico no momento | Satisfeito Indiferente (neutro) Insatisfeito |
| | Atitudes | Frequência de operação | Sempre Às vezes Nunca |
| | | Conforto / Desconforto térmico | Sim / Não |
| | | Conforto / Desconforto visual | Sim / Não |
| | | Conforto / Desconforto acústico | Sim / Não |
| | | Qualidade do ar interno | Sim / Não |
| | | Momento de chegada / saída | Sim / Não |
| | | Ocorrência de chuva, vento | Sim / Não |
| | | Hábito/rotina | Sim / Não |
| | | Preferência | Sim / Não |
| | | Código de vestimenta | |
| | | Regimento da empresa | Sim / Não |
| | | Atendimento cliente/paciente | Sim / Não |
| | | Solicitação de outros colegas | Sim / Não |
| | | Privacidade | Sim / Não |
| Temperatura de programação do ar condic. | °C | | |
| Perfil de consumo de energia | Econômica Moderada Desperdiçadora Não sabe responder | | |

Fonte: A autora (2020)

A localização do usuário dentro do espaço é aleatória. Portanto, para obter informações concretas de seu posicionamento em relação a orientação solar e a proximidade com a janela, traçou-se uma estratégia com códigos de identificação elaborados pela própria autora, tendo como base critérios semelhantes do processo de divisão das zonas térmicas do INI-C (INMETRO, 2018). Estes códigos foram desenvolvidos de modo que a autora pudesse obter as informações da localização do usuário de forma ágil e assertiva.

Primeiramente foi verificado a posição do usuário em relação à orientação solar, e registrado a informação através dos códigos: N para norte; L para leste; O para oeste e; S para sul. Na sequência, foi identificado sua proximidade com as aberturas, e relacionado com os códigos: P para próximo da janela (a aproximadamente até 2 metros); M para mediano (a aproximadamente entre 2 e 4 metros) e; D para distante da janela (a aproximadamente mais de 4 metros). Assim, a localização do usuário foi definida com observação no local do seu posto de trabalho. No caso das entrevistas com usuários em ambientes sem abertura, foi denotado sob o código A.

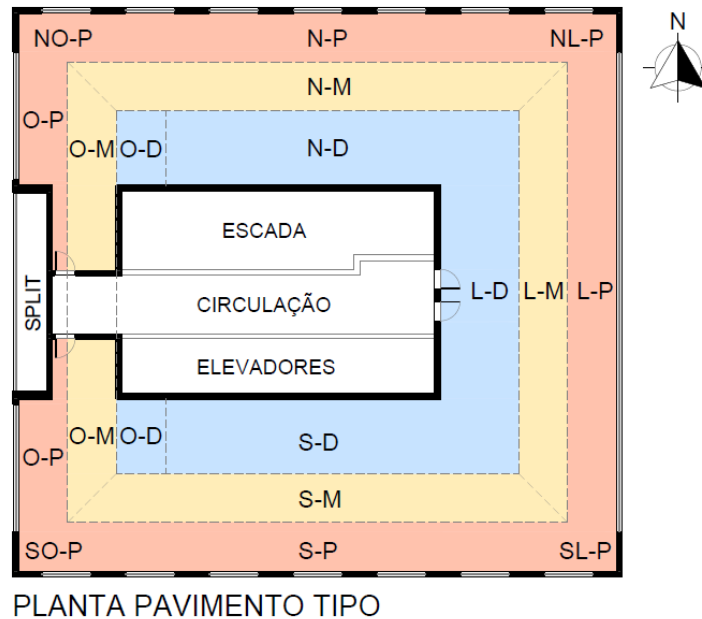
O Quadro 2 sistematiza os códigos definidos e utilizados, e a Figura 18 norteou a identificação da localização dos usuários durante as entrevistas.

Quadro 2 – Pontos estabelecidos para caracterizar a localização do usuário

| CÓDIGO | ORIENTAÇÃO SOLAR | CÓDIGO | PROXIMIDADE DA JANELA |
|--------|--------------------|--------|------------------------------|
| N | Norte | P | Próximo (até 2 metros) |
| L | Leste | M | Mediano (de 2 a 4 metros) |
| O | Oeste | D | Distante (mais que 4 metros) |
| S | Sul | A | Ausência de janela |
| A | Ausência de janela | | |

Fonte: A autora (2020)

Figura 18 – Pontos estabelecidos para caracterizar a localização do usuário



Fonte: A autora (2020)

Com relação ao fator referente ao *layout* do ambiente, este está condicionado ao tipo de sala que o usuário entrevistado exerce seu trabalho. A sala pode ser de uso individual, caracterizado como privado, ou de uso compartilhado com outros usuários, identificada, assim, como de *layout* aberto.

Os níveis de vestimenta foram verificados em 5 padrões de vestuário, no qual foi utilizado a unidade de medida clo, que corresponde à resistência térmica de 0,155 m² °C/W. Para a pesquisa, os padrões de vestimenta do Quadro 3, usados no formulário, foram definidos com base na ISO 7730 (2005) e ISO 9920 (2007).

Quadro 3 – Padrões de vestimenta definidos para análise da pesquisa

| | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|---|---|
| Tipo de Vestimenta | Camiseta Shorts Sandálias | Camiseta curta Calça leve Sapatos | Camisa longa Calça Sapato | Camisa Calça Terno Sapatos | Camisa Calça Jaqueta Sapatos |
| Clo | 0,30 | 0,5 | 0,7 | 1,0 | 1,2 |

Fonte: Adaptado de ISO 7730 (2005) e ISO 9920 (2007)

A análise da taxa metabólica está relacionada ao tipo de atividade que o usuário exerce (HONG et al., 2015a). Para sistematizar os níveis metabólicos, foram

traçados 3 padrões principais de atividade de acordo com a ISO 7730 (2005). Sendo estes considerados como atividades predominantemente: sentado (70 W/m²), em pé com pouco movimento (93 W/m²), ou em pé com movimento (116 W/m²), conforme demonstrado no Quadro 4.

Quadro 4 - Níveis da taxa metabólica definidos para análise da pesquisa

| Atividade | Taxa metabólica | |
|-----------------------|------------------|------|
| | W/m ² | met* |
| Atividade sentado | 70 | 1,2 |
| Atividade leve em pé | 93 | 1,6 |
| Atividade média em pé | 116 | 2,0 |

* 1 met (unidade metabólica) = 58,2 W/m²

Fonte: Adaptado de ISO 7730/2005

Na análise das atitudes dos usuários, considerou-se perguntas relacionadas a frequência de uso dos sistemas. Para isso, foi estabelecido uma escala de 3 níveis: sempre, às vezes e nunca, no qual, sempre condiz com uma operação constante do sistema, às vezes com uma operação moderada, e nunca com uma ausência total ou rara de operação (PAN et al., 2018). Ademais, foi complementado com perguntas referentes as condições que o fazem operar os sistemas, sendo apresentado diversas opções de respostas com a possibilidade do usuário indicar as alternativas que identificar os motivos e condições de suas ações. Além disso, foi incluído informações pertinentes à categoria *Needs*, visto que as atitudes estão diretamente correlacionadas com as necessidades (físicas e não-físicas) individuais. Assim, diversos motivos investigados na ação dos sistemas, decorrem, inclusive, das necessidades específicas que cada usuário apresenta. Salienta-se que, nos casos de ausência de algum sistema na sala de trabalho do usuário entrevistado, não foram verificadas sua respectiva frequência de uso.

Complementa-se que, os fatores relacionados às atitudes dos usuários podem ser pertinentes tanto para um ou mais sistemas. Por exemplo, o fator ocorrência de chuva e vento influência unicamente na operação das janelas, enquanto que o fator conforto térmico pode influenciar nas operações de janelas, persianas e ar condicionado. Assim, tem-se fatores que foram verificados repetidamente para a operação de cada sistema pesquisado. Em consequência disso, a quantidade de

variáveis nas análises dos resultados consistiram em um número superior aos fatores estabelecidos.

Dessa forma, foi possível verificar os motivos mais relevantes que levam os usuários a utilizarem ou não os sistemas, tal como os fatores que mais os influenciam na operação dos sistemas de janela, persianas, iluminação e ar condicionado.

3.3 COLETA DOS DADOS

3.3.1 Submissão da pesquisa ao comitê de ética

Como parte significativa da pesquisa foi executada dentro de ambientes privados e entrevistados os usuários, foi necessário, antes de iniciar as entrevistas, submeter o projeto de pesquisa à aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. Diversas informações sobre a pesquisa e o questionário passaram pela análise do Comitê de Ética.

No processo de submissão foram esclarecidos: o objetivo e importância da pesquisa, risco e benefícios dos participantes, instrumentos de coleta de dados (questionário), e metodologia a ser aplicada. Além de fornecer alguns documentos como, informe da instituição proponente assinado pela coordenadora do programa de pós-graduação, termo de confidencialidade e termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Assim, a pesquisa foi aprovada sob o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) de número 18792719.8.0000.5231, em setembro de 2019.

Acrescenta-se que, a pedido do Comitê de Ética em Pesquisas envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, foi entregue tanto para a administração do edifício quanto para cada sala e usuário entrevistado, uma cópia do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE). Esse documento (presente nos Apêndices B, C e D) compreende as informações sobre a pesquisa, a importância da participação das pessoas e demais esclarecimentos, e foram assinados em duas vias pela pesquisadora e o entrevistado (ou responsável).

3.3.2 Entrevista com os usuários do edifício

Para obter as informações de forma mais assertiva, adotou-se a coleta dos dados por meio de entrevistas e observações, pois para determinar padrões de uso é necessário conhecimento das ações reais ocorrentes no controle dos sistemas (YAN et al., 2015). Além disso, esta técnica apresenta menor custo e uma possibilidade maior de amostra (HONG et al., 2017), viabilizando a realização dessa pesquisa. Assim, na pesquisa de campo foi realizado entrevistas com os usuários, foi observado os sistemas próximos da estação de trabalho e também aferiu medições *in loco*.

Tais entrevistas foram conduzidas por um formulário (presente no Apêndice A) elaborado pela pesquisadora e fundamentado nos aspectos de cada *driver* sistematizados por Hong et al. (2015a). Os *drivers* com seus respectivos fatores de influência no comportamento do usuário relacionado a energia e seus níveis de investigação nesta pesquisa, estão elencados no tópico 3.2.

O formulário apresenta campos de preenchimento para as informações observacionais, os dados medidos, e para as respostas dos usuários ao questionário. Primeiramente, foram observadas as características gerais da sala, as propriedades e estado (aberto/fechado, ligado/desligado) dos sistemas existentes próximos ao usuário, além de realizar medições (exposto no item 3.3.3). Na sequência, foram efetuadas as perguntas do questionário aos usuários. Além disso, levantou-se o consumo de energia mensal das salas (exposto no item 3.3.4). Logo, foram investigados 72 fatores de influência no comportamento do usuário relacionados à energia, além dos 13 fatores levantados referentes ao edifício do estudo de caso.

A seleção da amostra das salas investigadas teve como ponto de partida a diversidade existente em um edifício comercial em relação a natureza da atividade exercida, a área útil, o número de usuários presentes por metro quadrado, e a orientação solar. Dessa forma, selecionou-se salas com variação nas características mencionadas, e foi possível obter uma amostra heterogênea representativa do edifício em estudo. A seleção foi realizada junto ao administrador do condomínio, no qual fez o primeiro contato com um representante da empresa e, com a aceitabilidade da empresa, entrava-se em contato para efetuar o levantamento das informações.

A coleta de dados incluindo tanto a entrevista quanto as observações e medições, duravam de 10 a 15 minutos por usuário. Ademais, teve-se o auxílio de

uma aluna de iniciação científica da graduação de engenharia civil da Universidade Estadual de Londrina (UEL), principalmente durante este procedimento.

As entrevistas e medições ocorreram durante o período de primavera e verão, entre os dias 24 de outubro de 2019 até 21 fevereiro de 2020. Como no Brasil o uso mais significativo dos equipamentos de ar condicionados se concentra nos meses quentes, a pesquisa se restringiu aos períodos de primavera e verão devido ao grau de importância dessas estações do ano no consumo de energia, bem como pelo tempo disponível para desenvolver a pesquisa.

3.3.3 Medição

Os fatores condizentes ao *driver* condições ambientais foram aferidos por meio de medição. No momento da realização das entrevistas, foram medidos próximo da estação de trabalho do usuário entrevistado, as condições da temperatura interna do ar (°C), umidade relativa do ar interno (%), nível de ruído interno (dB) e iluminância no plano de trabalho (lux).

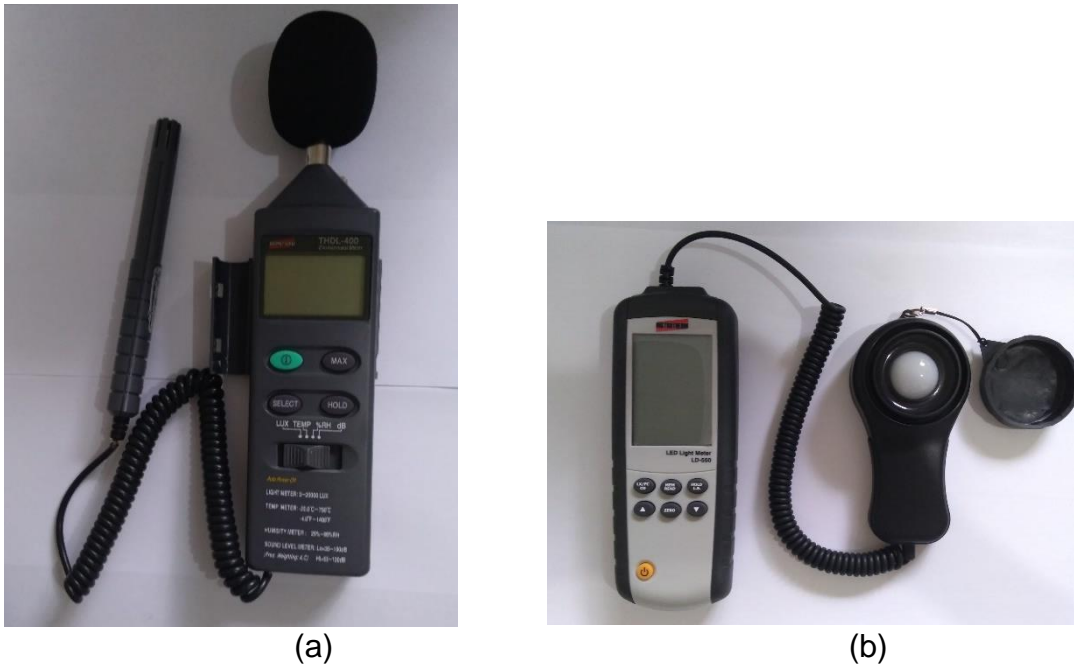
As variáveis ambientais temperatura radiante e velocidade do ar não foram coletadas nesta pesquisa. Para obter a temperatura radiante, é usado o termômetro de globo, no qual é necessário um tempo para instalação do equipamento e de medição. Assim, dificultaria a pesquisa na agilidade e na aceitabilidade das empresas, pois as entrevistas, medições e observações deveriam ser realizadas o mais rápido possível a fim de não prejudicar o trabalho dos colaboradores. Da mesma forma, a velocidade do ar não foi medida pela dificuldade em obter o dado de modo satisfatório. Assim, teve-se a limitação da influência das variáveis temperatura radiante e velocidade do ar no conforto dos usuários.

A medição da temperatura interna e nível de ruído interno foram aferidos do modo instantâneo com o uso do modelo THDL-400 da marca Instrutherm. Esse equipamento possui termômetro, higrômetro e decibelímetro em um único equipamento, ilustrado na Figura 19.

Quanto à iluminância (lux) foi medida no plano de trabalho do usuário entrevistado, apoiando o sensor sobre a superfície a ser avaliada, conforme recomendação da NBR 15215 (2003). Contudo, pela complexidade de medi-lo quantitativamente e qualitativamente, por não ser objetivo da pesquisa obter tal dado a fundo, e necessidade de agilidade, teve-se a limitação da medição em apenas um

ponto, sendo considerado para medição o ponto central onde o usuário exerce sua atividade. A iluminância foi obtida por meio do luxímetro digital modelo LD-550 da marca Instrutherm, representado na Figura 19.

Figura 19 – Instrumentos de medição instantânea



(a) Termômetro, higrômetro e decibelímetro modelo THDL-400 da Instrutherm.
 (b) Luxímetro digital modelo LD-550 da Instrutherm.

Fonte: A autora (2019).

Com relação as condições externas de temperatura, umidade, e o estado climático do momento, estes foram verificados e coletados pelo *site* do Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR). No *site* é divulgado os dados climáticos obtidos via estação meteorológica terrestre, localizado no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), e fornece atualizações das condições climáticas a cada 15 minutos (SIMEPAR, 2019). Assim, as condições externas puderam ser verificadas no mesmo instante das medições das condições internas.

3.3.4 Levantamento do consumo de energia elétrica mensal

Diante da relevância dos dados referente ao consumo de energia real para esta pesquisa, foi solicitado aos devidos responsáveis das salas comerciais, ou setor administrativo, uma fatura de energia recente da respectiva unidade. Algumas empresas forneceram uma cópia da conta de energia, em outras unidades realizou-

se um registro fotográfico do mencionado documento, ambos tratados com o devido sigilo.

Na referida fatura de energia, foi possível obter o histórico do consumo energético referente ao período de um ano. No entanto, como é apresentado o consumo dos 12 meses anteriores a data de coleta e o levantamento dos dados foram realizados entre dezembro de 2019 e fevereiro de 2020, resultou-se em uma variação nos meses que constituem o período de um ano nas unidades. Compreendendo, portanto, os períodos de dezembro de 2018 a dezembro de 2019; janeiro de 2019 a janeiro de 2020; e fevereiro de 2019 a fevereiro de 2020. Contudo, em 2 salas forneceram apenas o consumo de energia de dois e três meses.

Ademais, em 4 salas não foi possível obter tal informação, pois não puderam fornece-la. Nestes casos, o consumo médio anual foi estimado por meio de regressão linear com base nos dados obtidos nas demais salas. Para isso, verificou-se que havia correlação positiva entre as variáveis número de usuários e área útil com o consumo de energia. O consumo foi estimado então por meio do modelo de regressão linear com termo quadrático, adotando o número de usuários, a área útil e o consumo médio anual. Na regressão, o consumo foi considerado como variável resposta, e criou-se uma variável explanatória com o número de usuários e área útil usando a técnica de componentes principais. Logo, foi possível prever o consumo destas salas faltantes.

Dessa forma, do total de 30 salas pesquisadas, foi obtido o consumo do período de um ano em 24 salas; do período de 2 e 3 meses em 2 salas; e, por fim, não foi obtido o consumo de 4 salas, sendo assim, estimado.

3.4 PROCESSAMENTO DOS DADOS

Primeiramente, os dados foram observados de forma exploratória por meio de gráficos. Predominantemente, os dados coletados são categóricos, sendo conveniente o emprego da análise de frequências. Assim, os gráficos de barras foram amplamente utilizados para verificar os resultados. Em relação aos dados quantitativos, foram apresentados em gráficos de linhas e de dispersão e, em alguns casos, foram associados aos gráficos de barras.

Além disso, a significativa diversidade dos fatores coletados e a diferença de parâmetros existente entre eles, demandaram uma padronização dos dados. Para isso, os dados qualitativos foram transformados em atributos numéricos, e, em seguida, foram normalizados por meio da estatística escores-z (FIELD, 2009), conforme Equação 1.

$$z_i = \frac{X_i - \bar{X}_N}{s} \quad (1)$$

Onde:

Z_i = número de desvios padrões a contar da média;

x_i = valor real a ser transformado;

\bar{X}_N = valor médio do atributo relativo aos 200 dados;

s = desvio padrão.

Dessa forma, foi possível observar a variabilidade dos dados através de diagramas de caixas, revelando aspectos de homogeneidade e heterogeneidade entre as variáveis, bem como a presença de *outliers*.

3.4.1 Determinação dos padrões de uso: Análise de cluster

O método de análise de cluster tem como objetivo principal criar agrupamentos de dados semelhantes entre si, de forma que os dados presentes em um mesmo grupo sejam homogêneos, e os dados dos diferentes grupos sejam heterogêneos. Portanto, o agrupamento é uma forma de aprendizado por observação que particiona um conjunto de dados em subconjuntos, no qual são nomeados de clusters (HAN; KAMBER; PEI, 2012).

A análise de cluster se aplica quando não há uma categoria conhecida no conjunto de dados, mas necessitam ser divididos em grupos (WITTEN; FRANK, 2005). Na presente pesquisa, foi adotado o método para identificar e quantificar os grupos de padrões de uso existentes, bem como verificar os aspectos característicos de cada cluster obtido.

Neste sentido, a formação dos clusters foi realizada por algoritmos de agrupamento. Há diferentes tipos de algoritmos e técnicas de agrupamento que podem ser utilizadas (WITTEN; FRANK, 2005). Dentre os principais métodos aplicados, esse estudo adotou o agrupamento pelo método hierárquico aglomerativo,

visto que, inicia com objetos individuais e prossegue agrupando os dados dos demais objetos para formar os clusters (HAN; KAMBER; PEI, 2012).

Nesse estudo, o termo *objeto* representa os usuários entrevistados, e o termo *variáveis* são os fatores e os níveis de ações dos usuários.

O procedimento para agrupar os objetos em clusters, foi realizado com o algoritmo *TwoStep*, pois este é apropriado para analisar simultaneamente as variáveis qualitativas e quantitativas no processo de formação dos clusters. Com relação a medida de distância dos grupos, utilizou-se o logaritmo de verossimilhança (IBM, 2011).

Mediante o exposto, a formação dos agrupamentos foi executada através do *software* SPSS 20 (IBM, 2011) que dispõe da técnica e algoritmo estabelecidos. Além disso, o programa reconhece os dados compilados no Excel.

A definição do número de clusters adequados à amostra da pesquisa, foi definido com base na silhueta de coesão e separação proposto por Rousseeuw (1987). A partir das distâncias de semelhança ou dissemelhança, a silhueta permite determinar a qualidade dos grupos formados com base na proximidade entre os objetos de mesmo grupo e na distância dos outros grupos. A distância foi calculada para cada objeto e verificou se estavam distribuídos adequadamente, de acordo com a Equação 2 (KUMAR; STEINBACH; TAN, 2009).

$$S_i = \frac{(b_i - a_i)}{\max(a_i, b_i)} \quad (2)$$

Onde:

s_i = média das silhuetas de cada objeto;

a_i = distância média em relação a todos os objetos do mesmo grupo;

b_i = distância média em relação a todos os objetos dos demais grupos.

O valor da silhueta s_i possui uma variação entre -1 e 1. O valor que expressa uma qualidade aceitável dos clusters formados deve ser superior a 0,5, no qual, quanto mais próximo for de 1, melhor é a qualidade dos clusters obtidos (KUMAR; STEINBACH; TAN, 2009). Assim, a silhueta foi utilizada para validar o número apropriado de clusters (ROUSSEEUW, 1987).

As variáveis de entrada utilizadas para classificação dos clusters são os fatores e os níveis de ação. No entanto, os dados relativos ao *driver* fixo edifício e o clima da cidade, não foram considerados na análise de cluster, pois, variáveis

homogêneas dentre os clusters não convém para diferenciá-los. Dessa forma, tanto para os parâmetros referentes ao edifício, quanto demais dados homogêneos a todos os usuários, não foram considerados por serem pertinentes a todos os padrões de uso.

Diversas possibilidades de agrupamentos com arranjos distintos das variáveis de entrada e número de clusters foram explorados. Em síntese, foram processadas 6 hipóteses de agrupamentos até atingir um agrupamento satisfatório, de qualidade considerada boa e consoante com as observações identificadas. As hipóteses investigadas foram:

- 1^a) Agrupamento com todas as variáveis de todos os *drivers*.
- 2^a) Agrupamento com variáveis dos *drivers* espaço, sistema e usuário.
- 3^a) Agrupamento com variáveis dos *drivers* espaço e usuários.
- 4^a) Agrupamento com variáveis dos *drivers* sistema e usuários.
- 5^a) Agrupamentos com todas as variáveis do *driver* usuários.
- 6^a) Agrupamentos com variáveis referentes a localização e atitudes do *driver* usuários.

O resultado da distribuição dos clusters pelo SPSS 20 (IBM, 2011) apresenta uma hierarquização das variáveis mais influentes na formação dos grupos. Em cada hipótese, as variáveis adotadas foram selecionadas analisando a importância que cada uma representou para a divisão e separação dos clusters.

No processo de formação dos grupos, o algoritmo *Two Step* relaciona as variáveis (selecionadas na análise) entre si e indica a influência de cada uma para a agrupamento por um valor entre 0 e 1. Quanto mais próximo de 1, maior a importância da variável para a formação dos grupos obtidos, conseqüentemente, quanto mais próximo de 0, menor a importância.

As variáveis identificadas com baixa influência, normalmente apresentam homogeneidade ou são unânimes entre os clusters, assim, não os diferencia e não contribuem para constituição dos agrupamentos. Contrariamente, as variáveis identificadas com alta importância possuem aspectos que distinguem os clusters. Dessa forma, os agrupamentos progrediram com as variáveis observadas nos dados e na literatura como relevantes e eliminando as variáveis que não são significativas. O mesmo procedimento foi realizado em todas as hipóteses até atingir uma combinação de variáveis que proporcionasse uma formação considerada com boa qualidade pela silhueta de coesão e separação.

Na primeira hipótese de agrupamento selecionou-se todas as variáveis como entrada para a formação dos grupos, ou seja, todos os fatores levantados presentes nos *drivers* espaço, sistema, tempo, condição ambiental e usuário. Contudo, o *software* SPSS acusou a impossibilidade de gerar um resultado com esta seleção. É compreensível tal inviabilidade, visto que é um grande conjunto de dados extremamente diversificado. Além disso, as informações do *driver* tempo e condições ambientais são relativos unicamente ao momento específico da entrevista. Dessa forma, prosseguiu-se com a segunda hipótese suprimindo os fatores relativos a estes dois *drivers* para o agrupamento.

A segunda hipótese considerou variáveis referentes aos *drivers* espaço, sistemas e usuário para o agrupamento. Foi possível atingir uma formação, porém, sem êxito na qualidade da divisão dos clusters. Variou-se a possibilidade do número de clusters entre 2 e 20, e as variáveis de entrada, porém obtiveram no máximo uma qualidade de 0,3, considerada razoável.

Para a terceira hipótese, desconsiderou-se as variáveis do *driver* sistema, posto que apresentaram ínfima significância para os agrupamentos na segunda hipótese. Deste modo, foram adotadas as variáveis dos *drivers* espaço e usuários, e explorado possibilidades de agrupamentos e arranjos diversificados das variáveis. No entanto, mesmo assim, a qualidade máxima alcançada, conforme a silhueta de coesão e separação, foi de 0,3, considerada baixa.

É perceptível que em uma mesma sala comercial investigada há a presença de usuários com comportamentos distintos, bem como, as ações de operação motivadas por fatores divergentes. Fato observado no momento das entrevistas, em que usuários de uma mesma sala apresentavam respostas diferentes sobre seu comportamento.

Dessa forma, na quarta hipótese estabeleceu as variáveis dos *drivers* sistemas e usuários para formação dos agrupamentos, a fim de verificar se há concordância entre os sistemas em que os usuários estão submetidos e suas atitudes. Ainda assim, variando o número de clusters e elencando as variáveis de maior importância na divisão dos grupos, a melhor formação atingida resultou em uma qualidade de 0,3, considerada razoável. Diante do resultado insatisfatório na distribuição dos grupos, verifica-se que as propriedades dos sistemas não foram condicionantes para qualificar diferentes padrões de uso.

Na quinta hipótese selecionou-se somente as variáveis do *driver* usuário. Embora tenha-se restringido ao *driver* usuário, este apresenta o maior número de fatores investigados. As variáveis utilizadas nessa hipótese são pertinentes as subcategorias de localização, atributos e atitudes. Ressalta-se que as variáveis da subcategoria estado, não apresentaram importância para a formação dos clusters, visto que são relativos ao momento específico da entrevista, portanto, não entrou na análise. Após diversas combinações entre variáveis e número de clusters, o melhor resultando atingido foi a formação de 5 clusters com qualidade de 0,4. No entanto, ainda não é considerada uma distribuição dos grupos de boa qualidade.

Prosseguiu-se com a sexta hipótese adotando as variáveis específicas das subcategorias localização e atitudes do *driver* usuário. Na análise da quinta hipótese constatou-se que as variáveis referentes a subcategoria atributos dos usuários não apresentaram significância para a divisão dos clusters. Além disso, estes fatores encontraram-se muito dispersos entre os grupos, ou são comuns a todos os usuários. Portanto, suprimiu-se a subcategoria atributos da análise.

Na sexta hipótese obteve-se agrupamentos com as melhores indicações de qualidade pela silhueta de coesão e separação. A seleção das variáveis referentes aos fatores de localização e atitudes dos usuários, proporcionaram uma formação com 5 clusters de qualidade 0,5, considerada, assim, uma boa distribuição dos objetos entre os grupos.

Dessa forma, adotou-se o agrupamento alcançado na sexta hipótese para definição dos padrões de uso, tendo em vista que abrangeu uma qualidade considerada adequada pela silhueta de coesão e separação, e foi possível identificar os padrões de uso e as características específicas a cada um.

Os clusters foram caracterizados com base na representatividade das variáveis que o constituíram, assim como pela análise de frequência dos fatores por meio da tabela de referência cruzada. Por fim, considerando as características traçadas, e identificando as semelhanças e divergências entre os clusters, foi possível evidenciar os perfis de operação dos sistemas, definindo, assim, o comportamento dos padrões de uso ocorrentes.

3.4.2 Determinação da influência dos fatores nos padrões de uso

Nos padrões de uso encontrados, foi possível identificar os fatores que diferem e são característicos entre os grupos. Contudo, para compreender a influência de todos os fatores levantados nos diferentes padrões comportamentais, foi necessário aplicar testes estatísticos que permitissem comparar as variáveis apuradas entre os clusters formados.

A associação dos fatores com os clusters foi investigada por meio do teste Qui-quadrado para as variáveis qualitativas e o teste de Kruskal-Wallis para as variáveis quantitativas.

O teste Qui-quadrado de Pearson é utilizado para determinar se há associação significativa entre duas variáveis categóricas, assim como avaliar se a distribuição de uma variável categórica é significativamente diferente entre dois ou mais grupos (FIELD, 2009). Ademais, prosseguiu-se com o *software* SPSS para realizar o teste.

O resultado do teste é expresso por meio de tabelas de contingência, em que as variáveis explicativas consistem nas linhas da tabela, e a variável resposta nas colunas. Na referida pesquisa, a variável resposta representa a variável com os clusters dos padrões de uso, e a variável explicativa, são as demais variáveis levantadas, investigadas na associação com os grupos (BARTON; PEAT, 2014).

O teste Qui-quadrado de Pearson adotado, representado por χ^2 , foi calculado com base na comparação de frequências observadas com as frequências esperadas. Dado que as variáveis são categóricas, não é possível trabalhar com médias, sendo necessário adotar valores esperados. Assim, a frequência observada é a contagem real da amostra, e a frequência esperada é um valor estimado ao acaso para cada célula da tabela por meio Equação 3. O valor do χ^2 foi calculado comparando as frequências conforme a Equação 4, conseqüentemente, foi possível verificar a associação entre as variáveis (FIELD, 2009).

$$E_{ij} = \frac{\text{Total da linha } i \times \text{Total da coluna } j}{n} \quad (3)$$

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^s \sum_{j=1}^r \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (4)$$

Onde:

E_{ij} = número de casos esperados na interseção da linha i com coluna j ;

O_{ij} = frequência observada na interseção da linha i com a coluna j ;
 n = tamanho da amostra;
 χ^2 = estatística do teste.

As hipóteses do teste Qui-Quadrado são:

- Hipótese nula: Não há associação entre o fator em estudo e os clusters.
- Hipótese alternativa: Há associação entre o fator em estudo e os clusters.

Complementa-se que, para as variáveis categóricas quando os valores das frequências observadas e esperadas forem semelhantes, e o valor do χ^2 próximo de zero, não é significativa a associação entre as variáveis. Contudo, quanto maior for a diferença entre os valores das frequências observadas e esperadas, maior é o nível de significância, conseqüentemente há associação entre as variáveis.

Para as variáveis quantitativas foi usado o teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis para verificar se há ou não diferenças entre os grupos em relação à determinada variável. A estatística do teste, representado por H , foi calculado com base na Equação 5 (FIELD, 2009) por meio do *software* SPSS.

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1) \quad (5)$$

Onde:

H = estatística do teste;

N = total da amostra;

n_i = é o tamanho amostral de cada um dos grupos;

R_i = é a soma dos postos¹ para cada grupo;

k = é o número de grupos.

As hipóteses do teste de Kruskal-Wallis são:

- Hipótese nula: Não há diferenças no fator em estudo em relação aos clusters.

¹ Postos refere-se a classificação ordenada dos dados observados em todos os grupos em uma única série, formando uma sequência (HACKBARTH; STEIN, 2003).

- Hipótese alternativa: Há diferenças no fator em estudo em relação aos clusters.

Nas análises, tanto para as variáveis qualitativas (teste Qui-Quadrado) quanto para as quantitativas (teste de Kruskal-Wallis) foi usado o nível de significância de $\alpha = 0,05$, e se o p-valor obtido nos testes for menor que α rejeita-se a hipótese nula.

O método aplicado individualmente para avaliar cada fator levantado permitiu constatar quais influenciaram de modo diferente na operação dos sistemas entre os grupos, ou seja, os usuários tomaram atitudes diferentes diante de um mesmo fator.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados referem-se aos estudos realizados em um edifício comercial localizado na cidade de Londrina, estado do Paraná, por meio de entrevistas, observações e medições. Neste sentido, os dados obtidos permitiram determinar padrões comportamentais de uso relacionados ao consumo de energia nos sistemas de janela, persiana, iluminação e ar condicionado.

4.1 ANÁLISE DOS FATORES RELATIVOS AOS DRIVERS

Os resultados dos 72 fatores de influência na operação dos sistemas levantados na pesquisa, são apresentados a seguir, sistematizados conforme os respectivos *drivers*.

4.1.1 Driver edifício

O edifício como um todo, apresenta uma ocupação de 7,7 m²/usuário, sendo ocupado sobretudo, de segunda-feira a sexta-feira. O edifício também é usado e ocupado aos sábados, porém com uma quantidade menor de usuários, considerada imprevisível e indefinida. No entanto, a taxa de ocupação de cada sala é variada, conforme sua respectiva necessidade de colaboradores. A Tabela 10 sintetiza os parâmetros construtivos e de ocupação levantados da edificação.

Tabela 10 - Parâmetros da edificação de estudo

| Parâmetros | Símbolo / Sigla | Valores* |
|--|-----------------|--------------------------|
| Área total construída | Atot | 15.278,76 m ² |
| Área de projeção da cobertura | Apcob | 565,88 m ² |
| Área de projeção da edificação | Ape | 565,88 m ² |
| Volume total | Vtot | 51.455,05 m ³ |
| Área da envoltória | Aenv | 9.135,51 m ² |
| Porcentual de abertura fachada Leste | PAFleste | 56,25% |
| Porcentual de abertura fachada Oeste | PAFo | 16,40% |
| Porcentual de abertura fachada Norte | PAFnorte | 32,42% |
| Porcentual de abertura fachada Sul | PAFsul | 32,42% |
| Porcentual de abertura fachada Total | PAFtotal | 34,31% |
| Ângulo Vertical de sombreamento | AVS | 0 |
| Ângulo Horizontal de sombreamento | AHS | 0 |
| Dias de ocupação | - | 5 |
| Taxa de ocupação (m ² /usuário) | - | 7,7 |

*Dados referentes apenas a torre vertical (pavimentos tipo).

As paredes externas do edifício possuem espessura total de 27,5 centímetros, no qual apresenta capacidade térmica de 247,32 kJ/m².K e transmitância térmica de 1,48 W/m².K. Todas as paredes externas são revestidas com pastilhas de porcelana nas cores branca e marrom. Na área relativa às pastilhas brancas considerou-se uma absorvância solar de 0,158 e na área com pastilhas marrons uma absorvância solar de 0,574. No total, obteve-se o valor ponderado de 0,39 para a absorvância solar das fachadas.

O mesmo tipo de vidro foi especificado tanto para a pele de vidro quanto para as demais aberturas. Conforme consulta com o fornecedor, a especificação do vidro é laminado espelhado cor prata 8 mm, com fator solar de 0,26, e transmitância térmica do vidro de 5,6 W/m².K.

Dentre alguns dos critérios definidos no método prescritivo do RTQ-C para considerar a edificação com nível máximo de eficiência, a transmitância térmica, a absorvância solar das paredes e o fator solar do vidro, atendem as condições mínimas para a zona bioclimática 3, no qual a edificação está inserida. Desse modo, pode-se considerar que as fachadas do objeto de estudo apresentam um desempenho eficiente pelo método prescritivo, porém esta é uma análise simplificada. A Tabela 11 sintetiza as propriedades termofísicas dos sistemas construtivos levantados.

Tabela 11 – Propriedades termofísicas das paredes externas e aberturas da edificação de estudo

| Propriedades | Sigla / Símbolo | Valores |
|--|------------------|-----------------------------|
| Transmitância térmica da parede | U _{par} | 1,48 W/m ² .K |
| Capacidade térmica da parede | CT | 247,32 kJ/m ² .K |
| Absorvância à radiação solar das paredes | α | 0,39 |
| Transmitância térmica do vidro | U _{vid} | 5,6 W/m ² .K |
| Fator Solar | FS | 0,26 |

Apesar das paredes externas e do fator solar do vidro se enquadrarem em um alto nível de eficiência, bem como a fachada oeste dispor do menor percentual de aberturas, a edificação apresenta grandes áreas envidraçadas e sem nenhum tipo de sombreamento externo. Assim, o nível de desempenho do edifício, pode ser afetado, influenciando as ações dos usuários que estão sujeitos as condições térmicas desta fachada.

Durante a etapa de entrevistas, foi possível observar que algumas características do edifício dificultavam os usuários a adotarem um comportamento mais eficiente, e assim, influenciando o padrão de operação dos sistemas.

O excesso de área envidraçada proporcionava desconforto visual em algum momento do dia, influenciando no fechamento de persianas, conseqüentemente, limitação da iluminação natural. Acrescenta-se que, as amplas aberturas da fachada leste apresentam tanto altos ganhos de calor no período de verão quanto ofuscamento e brilho na tela do computador. Desse modo, se faz necessário o fechamento das persianas logo no período da manhã, e o uso do ar condicionado, pois a sala já se encontra desconfortável (temperatura interna média identificada em 28,1°C) mesmo quando a temperatura externa é agradável (temperatura externa média identificada em 22,6°C).

A incidência de ruído externo é outro fator inconveniente gerador de desconforto comumente relatado pelos usuários, influenciando no fechamento das janelas e uso do condicionamento artificial.

Além disso, o sistema de iluminação artificial não apresenta mecanismos que favoreçam a iluminação natural. Em 72% das salas comerciais não havia acionamento separado para as luminárias próximas às janelas e, nos casos de layout aberto, um único interruptor era usado para acionar várias luminárias de uso para vários usuários. Ademais, é recorrente o uso da iluminação artificial para efeito decorativo e estético (utilizada para destaque de texturas em paredes, móveis, ou elementos arquitetônicos), principalmente nas recepções.

4.1.2 Driver espaço

A pesquisa foi realizada em 30 salas, no qual a soma das áreas destas corresponde a 46% da área total da torre vertical. Foi possível entrevistar 18 diretores das empresas analisadas, assim, em 60% das salas realizou-se o questionário com os responsáveis pelo pagamento da conta de energia. Ao todo foram entrevistados 100 usuários com atividade laborativa no edifício de estudo. O número de usuários entrevistados por sala foi diversificado, visto que precisou ser realizado conforme a disponibilidade e abertura das empresas a participar da pesquisa, e de modo a obter o máximo de entrevistados possível. Contudo, a quantidade de usuários presentes em

cada empresa conduziu o número de entrevistados, pois, quanto mais funcionários havia na empresa, maior era a quantidade de usuários entrevistados.

A Tabela 12 sintetiza as informações das salas pesquisadas como, a área útil, taxa de ocupação e natureza da atividade, e expõe o número de usuários entrevistados em cada empresa. Salienta-se que, a natureza da atividade que cada empresa exerce é muito diversificada, o que dificultaria a posterior etapa de determinação dos padrões de uso. Assim, foram agrupadas por analogia, resultando em 10 grupos de atividades analisados.

Tabela 12 - Relação das salas e usuários entrevistados

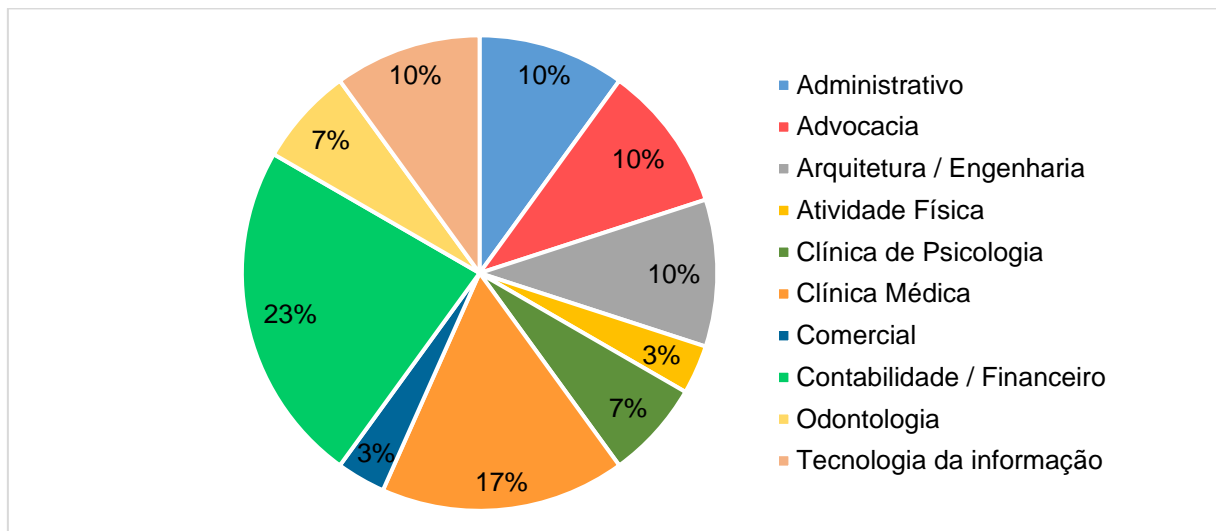
| Sala | Natureza da Atividade | Nº de usuários entrevistados | Taxa Ocupação (m ² /usuário) | Área útil (m ²) |
|------|----------------------------|------------------------------|---|-----------------------------|
| A | Clínica Médica | 4 | 27,40 | 137 |
| B | Tecnologia da informação | 2 | 5,88 | 94 |
| C | Atividade Física | 1 | 48,50 | 97 |
| D | Arquitetura / Engenharia | 4 | 8,55 | 94 |
| E | Advocacia | 4 | 15,44 | 139 |
| F | Comercial | 1 | 48,50 | 97 |
| G | Advocacia | 2 | 23,50 | 94 |
| H | Arquitetura / Engenharia | 2 | 15,44 | 139 |
| I | Clínica Médica | 4 | 14,75 | 236 |
| J | Contabilidade / Financeiro | 3 | 19,86 | 139 |
| K | Clínica de Psicologia | 3 | 7,83 | 94 |
| L | Administrativo | 4 | 11,97 | 467 |
| M | Clínica Médica | 4 | 26,22 | 236 |
| N | Odontologia | 3 | 19,86 | 139 |
| O | Contabilidade / Financeiro | 2 | 11,75 | 94 |
| P | Advocacia | 3 | 17,77 | 231 |
| Q | Odontologia | 2 | 24,25 | 97 |
| R | Contabilidade / Financeiro | 3 | 16,95 | 373 |
| S | Contabilidade / Financeiro | 5 | 15,44 | 139 |
| T | Contabilidade / Financeiro | 6 | 15,40 | 231 |
| U | Contabilidade / Financeiro | 2 | 7,46 | 97 |
| V | Administrativo | 3 | 55,20 | 276 |
| W | Arquitetura / Engenharia | 3 | 9,70 | 97 |
| X | Clínica Médica | 2 | 23,17 | 139 |
| Y | Administrativo | 6 | 18,68 | 467 |
| Z | Clínica Médica | 3 | 46,33 | 139 |
| AA | Clínica de Psicologia | 3 | 11,55 | 231 |
| BB | Contabilidade / Financeiro | 3 | 13,86 | 97 |
| CC | Tecnologia da informação | 5 | 8,34 | 467 |
| DD | Tecnologia da informação | 9 | 8,34 | 467 |

Pode-se constatar uma grande diversidade na taxa de ocupação em cada sala, no qual a variação é de 5,88 a 55,20 m²/usuário entre a menor e a maior

ocupação. Já a instrução normativa do Inmetro - INI-C determina-se um valor único de 10 m²/usuário para os edifícios de escritórios.

Com relação a natureza das atividades, nota-se a diversidade da amostra na Figura 20, com o predomínio de atividades relacionadas a área de contabilidade e financeira, com 23% de ocorrência, seguido da presença de clínicas médica com 17% de ocorrência. Poucas salas, 3% dos casos, desempenham serviços relacionados à área comercial e de atividade física. Contudo, as demais atividades e as suas representatividades, se equiparam.

Figura 20 - Quantidade de salas analisadas por natureza das atividades

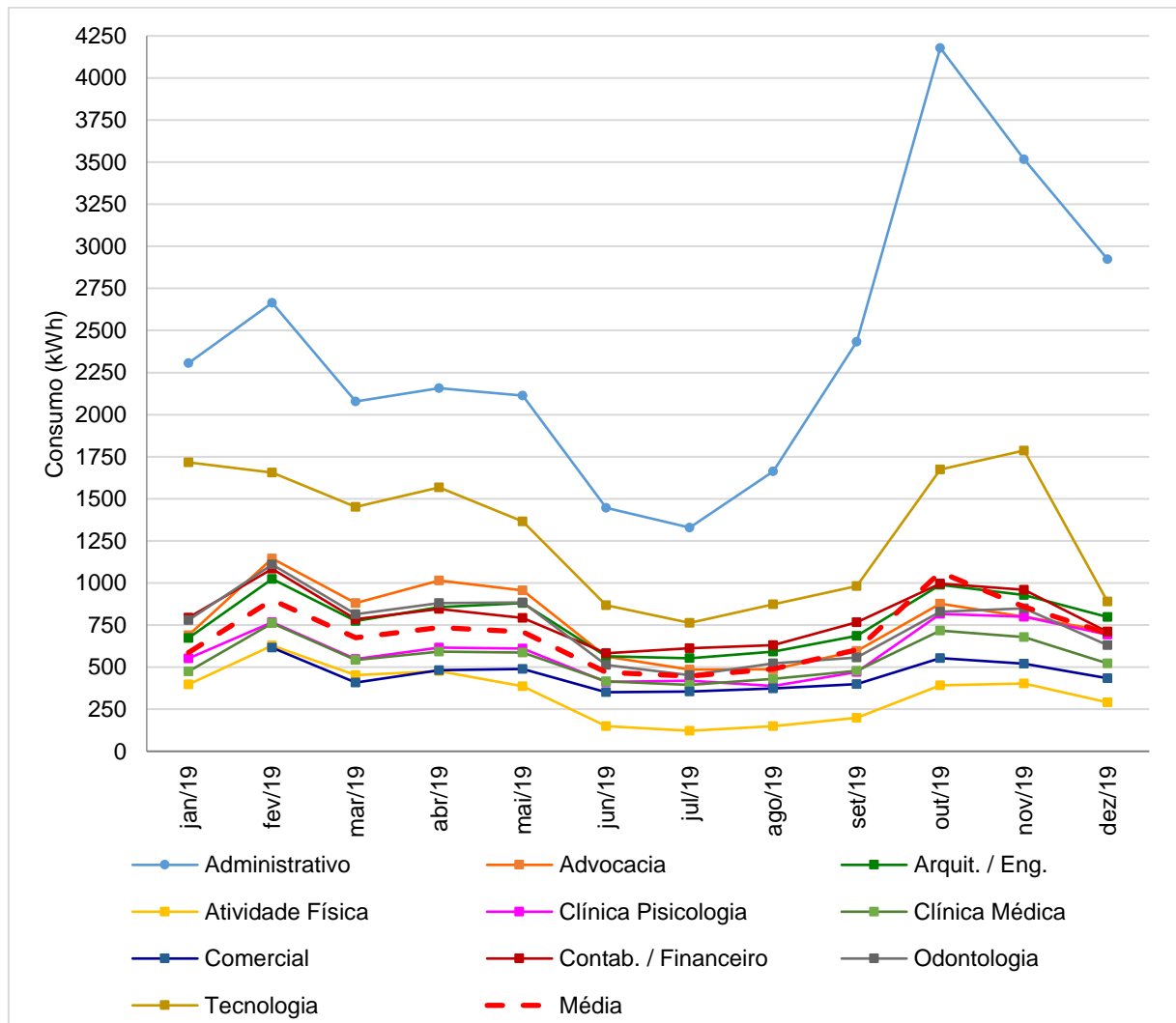


De acordo com Gunay, O'Brien e Beausoleil-Morrison (2013), a natureza da atividade exercida é um fator de influência na operação dos sistemas, pois diferentes atividades demandam usos distintos dos sistemas, consequentemente, tais ações repercutem no consumo de energia. Dessa forma, observa-se mediante a Figura 21, essa diferença no perfil de consumo ao longo do ano, em que as salas administrativas e de tecnologia da informação apresentam um consumo acima das demais.

Além disso, pode ser verificado uma menor variação no mês de julho, com uma diferença de 1.207 kWh, entre as atividades de menor e maior consumo, e uma maior variação no mês de outubro com 3.786 kWh de diferença. A amplitude dos consumos é irregular ao longo do ano, no qual nos meses mais frios, de junho, julho e agosto, apresentaram uma menor variação entre si, enquanto que nos meses mais quentes, janeiro, fevereiro, outubro e novembro, observa-se maior variação no

consumo. Neste sentido, é possível identificar que no inverno, os usuários tendem ao uso da energia de forma mais similar, e nos dias quentes de primavera e verão, podem ter comportamentos mais distintos quanto ao uso da energia. Contudo, ambas atividades possuem uma tendência similar para os meses de aumento e redução no consumo de energia apresentando, curvas com comportamento análogo.

Figura 21 - Consumo de energia mensal em um ano para cada natureza de atividade

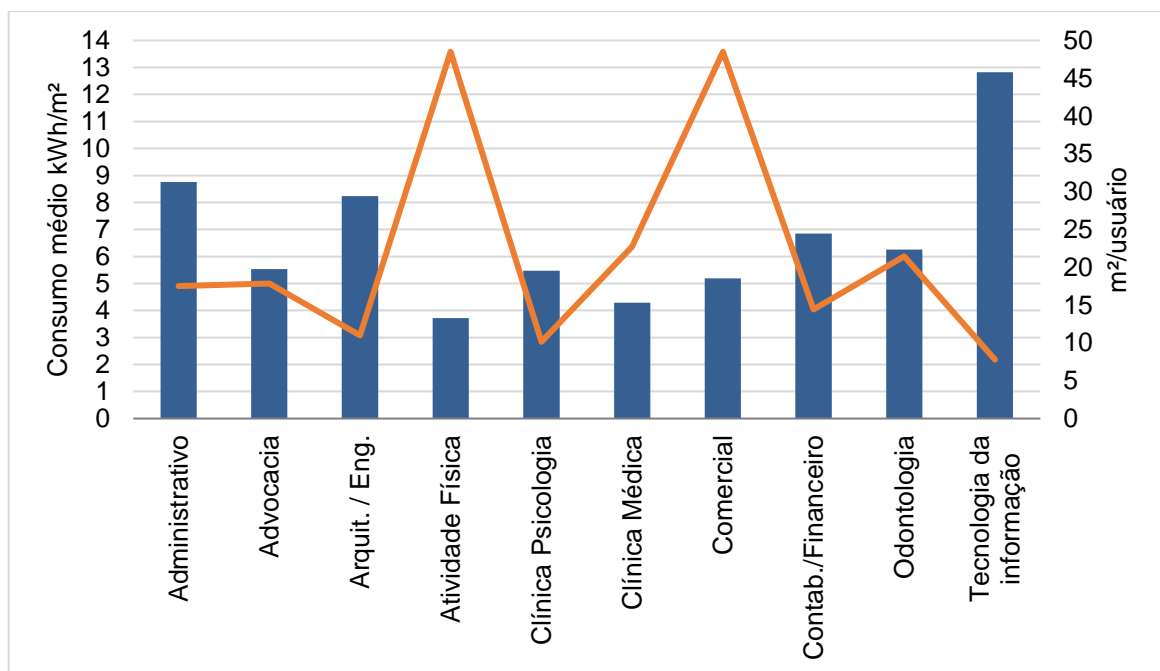


A linha tracejada em vermelho destaca o consumo de energia médio entre as salas pesquisadas, no qual pode-se presumir a influência das estações do ano no uso dos equipamentos de refrigeração assim como apontadas por Langevin, Gurian e Wen (2015) e Vecchi et al. (2017). Entretanto, na presente pesquisa, os meses de dezembro e janeiro, período de verão, dispõem de redução no consumo de energia. Identificou-se que nestes meses ocorrem os períodos de férias coletivas

realizadas por diversas empresas entrevistadas. Deste modo, o pico do consumo no edifício encontra-se nos meses de fevereiro e outubro.

Ainda na Figura 21, as atividades de natureza administrativas e de tecnologia da informação apresentam consumo superior às demais, porém, estas também ocupam uma área construída maior. Para uma análise comparativa equivalente, adotou-se o consumo de energia por metro quadrado, resultando no gráfico da Figura 22. As colunas representam o consumo médio em kWh/m², e a linha a ocupação em m²/usuário. Constatou-se que as atividades relativas à tecnologia da informação apresentam um consumo realmente mais expressivo, bem como, maior número de usuários. Porém as salas que desempenham atividade administrativa aproxima o consumo e o número de usuário das demais.

Figura 22 - Consumo de energia e taxa de ocupação em cada natureza de atividade



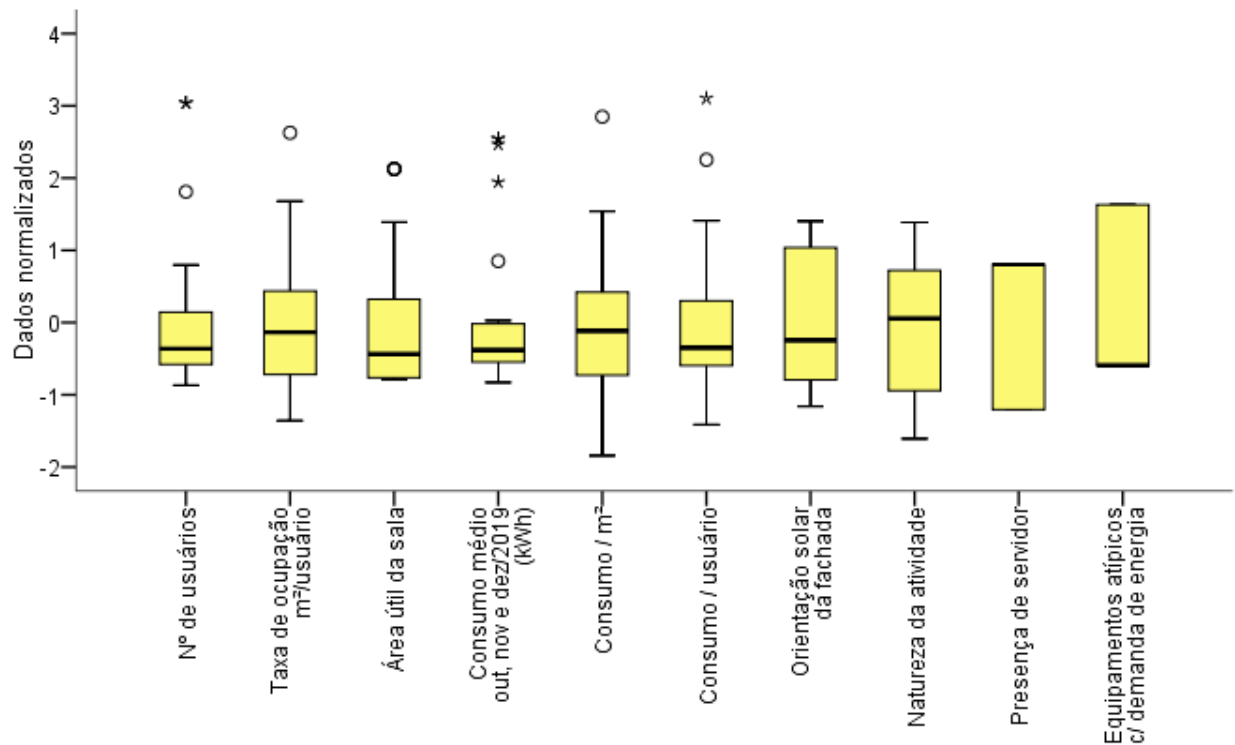
* Consumo médio dos meses de outubro, novembro e dezembro de 2019.

Identifica-se também, uma inconstância no consumo e na taxa de ocupação entre as atividades, assim, a área útil e a taxa de ocupação não são suficientes para prever o consumo. Em comparação, as clínicas de psicologia apresentam um consumo abaixo das demais atividades que possuem ocupação semelhantes. Logo, evidencia-se a particularidade da atividade que requer o uso de poucos equipamentos eletrônicos e não exige uso expressivo da iluminação artificial. Em contrapartida, nota-se que a atividade de odontologia apresenta um consumo

significativo perante o número de usuários, no qual reflete sua necessidade de um nível de iluminância maior, bem como o uso constante de diversos equipamentos como compressores, esterilizadores, entre outros.

Por fim, com a normalização dos dados foi possível confirmar a variabilidade dos fatores referentes ao *driver* espaço. Por meio do diagrama de caixas da Figura 23, averigua-se a grande amplitude existente principalmente nos dados de consumo, área útil e número de usuários. Os *outliers* presentes nestas variáveis, destaca o comportamento discrepante que algumas salas possuem em relação as demais. Além disso, pode-se observar a diversidade existente também quanto a orientação solar e natureza das atividades presentes no edifício.

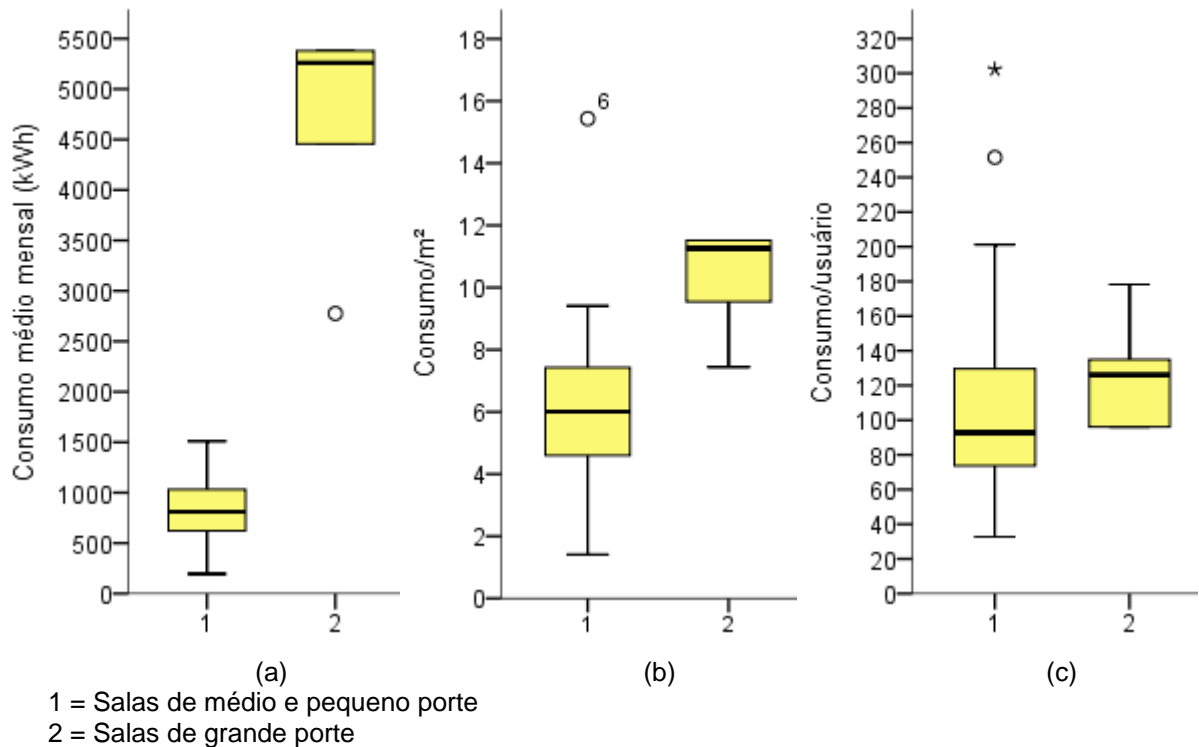
Figura 23 - Variabilidade dos fatores referentes ao driver espaço



Em síntese, foi possível distinguir que 17% das salas apresentam valores de consumo, área útil e taxa de ocupação acima das demais tipologias de sala. Se diferem por constituírem salas de grande porte. Na Figura 24 compara-se o intervalo do consumo energético presente entre as salas de grande porte, das demais de médio e pequeno porte. Pode-se verificar que o consumo mensal é aproximadamente três vezes maior, das salas de grande porte, sendo altamente discrepantes (Figura 24a). Contudo, analisando o consumo por metro quadrado no edifício (Figura 24b), os valores tendem a se aproximar, mas ainda assim são distintos.

E quando é considerado o consumo representativo por usuário (Figura 24c), constata-se que o intervalo interquartílico se assemelha, indicando menor diferenciação e um consumo de energia proporcional quando analisado pela ocupação.

Figura 24 – Comparativo do intervalo do consumo de energia entre as salas de grande porte com as demais.



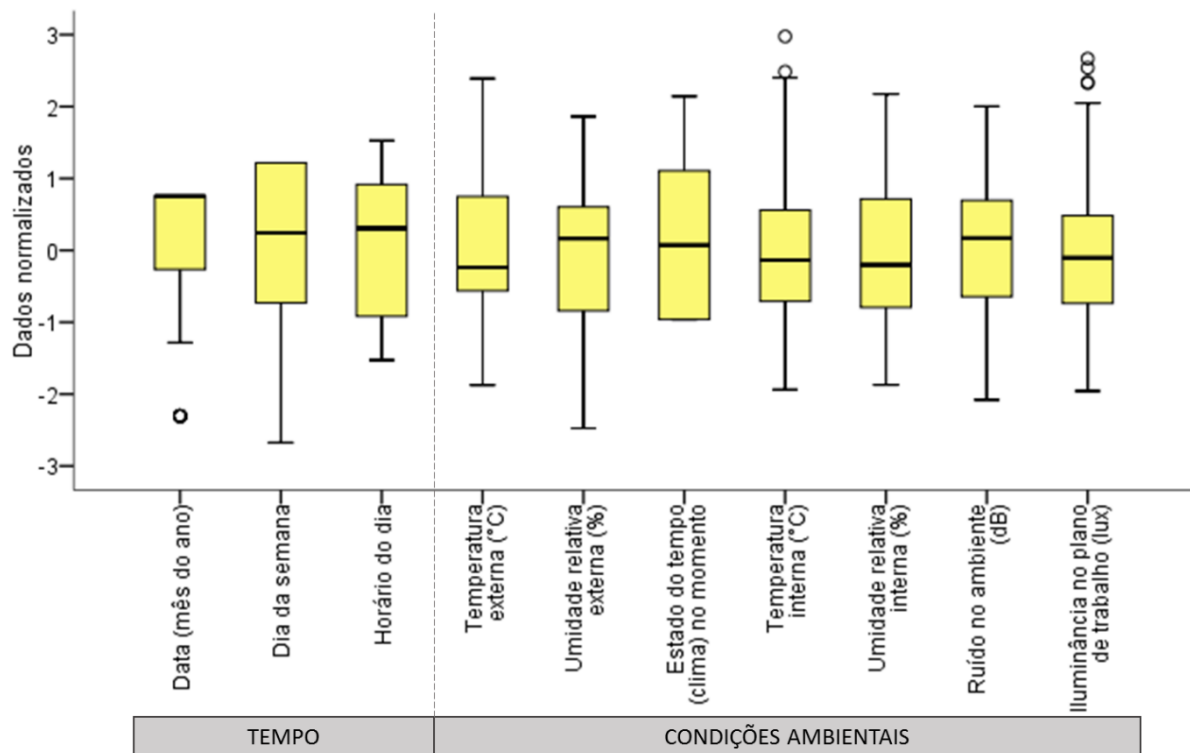
Acrescenta-se que, apesar do consumo total ser claramente mais elevado nas salas de grande porte, o número de usuários também é maior. Dessa forma, conclui-se há alta diferenciação no consumo representativo quando analisados em função da área útil e taxa de ocupação.

4.1.3 Driver tempo e condições ambientais

Nos dados dos *drivers* tempo e condições ambientais normalizados e expostos no diagrama de caixas da Figura 25, nota-se a variação existente nas condições ambientes, sobretudo para as variáveis de temperatura e umidade externas e internas. Durante o período da pesquisa em campo, houve uma amplitude térmica de 12,9°C na temperatura do ar externo. No entanto, a amplitude da temperatura interna foi menos significativa, sendo de 6°C. A umidade relativa externa variou de 30% a 93% e a interna de 36% a 68%. Quanto ao ruído, o nível de pressão sonora

instantâneo médio foi de 53,45 dB para as salas com janelas abertas e de 46,47 dB para as salas com janelas fechadas. A iluminância no plano de trabalho variou de 201 lux, em um ambiente sem janela, a 818 lux, nas proximidades das aberturas com as persianas abertas.

Figura 25 - Variabilidade dos fatores referentes aos drivers tempo e condições ambientais

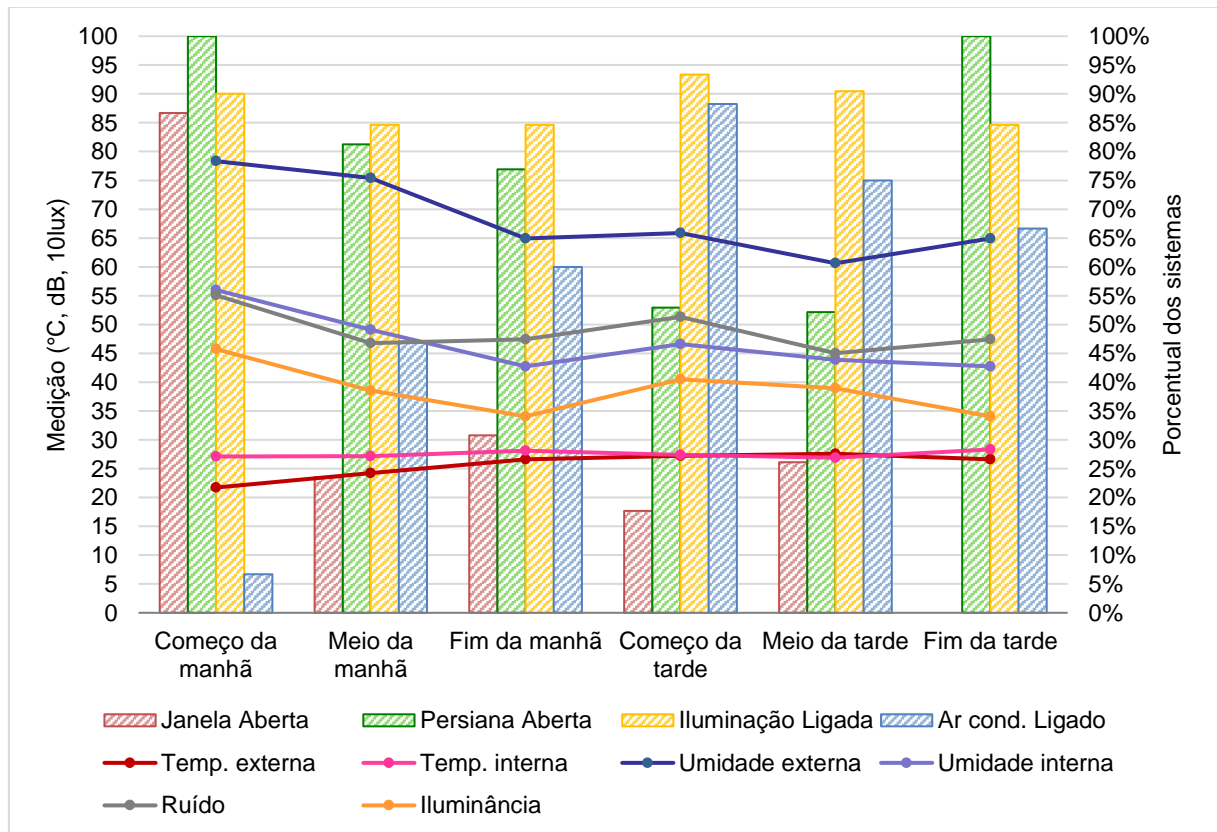


Em relação aos fatores do *driver* tempo, observa-se uma variabilidade menor quanto aos fatores ambientais. Conforme mencionado anteriormente, os dados foram coletados entre os meses de dezembro a fevereiro, que compreendem a estação do ano de verão, e nos principais dias de ocupação, de segunda a sexta-feira. Estes fatores não representaram diferenças nas ações dos usuários, pois compreendem a mesma estação do ano, e os dias da semana são considerados dias de trabalho ordinário.

No entanto, na Figura 26, pode-se observar que o comportamento do usuário se difere ao longo do dia. As barras representam o estado que os sistemas estavam no momento da entrevista, e as linhas as condições ambientais medidas. Verifica-se no começo da manhã, no qual a temperatura externa é mais baixa do que a interna, tem-se o uso predominante da ventilação natural. A medida em que a temperatura externa aumenta e se aproxima da interna, nota-se a transição do uso da

ventilação natural pela refrigeração com ar condicionado. Dessa forma, com as janelas e persianas fechadas no começo da tarde e pico de acionamento do ar condicionado, a temperatura interna apresenta-se mais baixa que a externa, sendo, em média, de 25°C. Similarmente, a pesquisa de Vecchi et al. (2017) demonstrou que os usuários utilizam o ar condicionado quando as temperaturas do ar são superiores a 25°C, bem como nos estudos de Pan et al. (2018) e Sun et al. (2018), em que as janelas são abertas no momento de chegada. Contudo, apesar de identificar que os usuários abrem as janelas predominantemente de manhã no momento de chegada, também foi verificado e relatado por vários usuários, que costumam abrir as janelas para obter melhor qualidade do ar interno durante o horário de almoço.

Figura 26 - Estados dos sistemas e condições ambientais em cada momento do dia



*Temperatura em °C, umidade em %, ruído em dB, iluminação em 10lux.

Além disso, a Tabela 13 indica uma diferenciação na abertura das janelas em relação a orientação solar. Os usuários que se encontram na fachada leste estavam com as janelas predominantemente fechadas, enquanto que na fachada norte, constatou-se maior propensão para usar a ventilação natural. Conjuntamente, é possível observar o contraste existente no nível de ruído médio em cada orientação

solar quando as janelas estão abertas e fechadas. A medição realizada na face leste quando as janelas estavam abertas, evidenciou o alto nível de ruído presente na avenida, no qual foi registrado quase 15 dB a mais do momento que as janelas estavam fechadas.

No entanto, nas demais orientações quando as janelas estavam abertas, também são desconfortáveis segundo determina a NBR 10152 (2017), em que de 35 a 45 dB é considerado um nível sonoro aceitável para salas de trabalho, e quando superiores a 45 dB são considerados como desconforto. Nos momentos que as janelas se encontravam fechadas, foi detectado em uma das salas um nível de pressão sonora ínfimo de 25 dB. Complementa-se que o ruído externo foi amplamente citado pelos usuários durante as entrevistas. Já no estudo de Schakib-Ekbatan et al. (2015) o ruído foi condicionante para o fechamento apenas das janelas que estavam voltadas para uma fachada ruidosa.

Tabela 13 - Estado das janelas e nível de pressão sonora médio em relação a orientação solar da fachada

| | Janelas Abertas | | Janelas Fechadas | |
|-------|-----------------|-------------|------------------|-------------|
| | Quantidade | Média Ruído | Quantidade | Média Ruído |
| Norte | 48% | 48,24 dB | 52% | 45,62 dB |
| Sul | 36% | 52,90 dB | 64% | 49,10 dB |
| Leste | 13% | 59,06 dB | 87% | 44,55 dB |
| Oeste | 29% | 53,72 dB | 71% | 46,76 dB |

A respeito da dinâmica de operação das persianas, esta é motivada pelas condições de radiação solar para cada orientação. Foi observado que durante o período todo da manhã, os usuários localizados a leste e próximos as janelas permanecem com as persianas fechadas. Destes, 28% nunca operam e permanecem com as persianas sempre fechadas. Quanto aos usuários localizados ao norte e oeste, esses apresentam as persianas fechadas no período da tarde, assim como alguns usuários localizados em salas com janelas ao sul. Pressupõe-se que do momento em que as persianas são fechadas, assim tendem a permanecer ao longo do dia, sendo operadas novamente na saída, ou na manhã do dia seguinte.

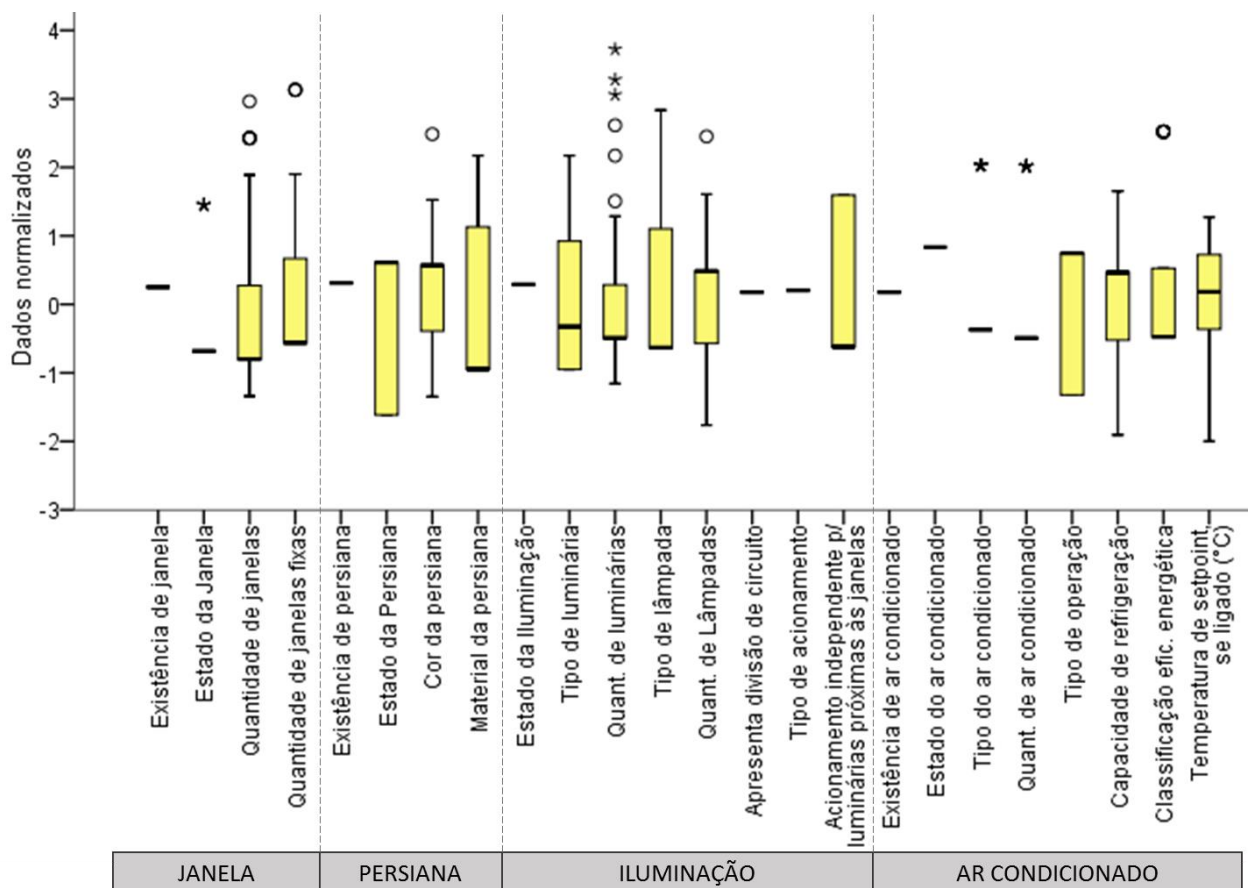
Quanto a iluminação artificial, permanece estável com pouca oscilação na operação. No início da manhã, 90% encontra-se ligada e assim se mantém,

condizendo ao fato relatado por Leite e Gutierrez (2016) dos usuários operarem a iluminação uma única vez, e permanecem dessa forma até o momento de saída.

4.1.4 Driver sistema

Dentre todos *drivers* investigados, os fatores referentes aos sistemas apresentaram menor variabilidade. Com base no diagrama de caixas da Figura 27, o estado dos sistemas, o circuito e o acionamento da iluminação, bem com o tipo, nível de eficiência e quantidade dos equipamentos de ar condicionados são comuns a todos usuários. Embora a quantidade de aparelhos de ar condicionado seja constante, nota-se que a variação está na capacidade de refrigeração, sendo identificado aparelhos de 9.000 BTU/h a 36.000 BTU/h, subtendendo-se, assim, que varia conforme a dimensão e cargas térmicas das salas. Do mesmo modo, a quantidade diversificada de janelas nos ambientes, proporcionam uma ventilação natural adequada a cada espaço.

Figura 27 - Variabilidade dos fatores referentes ao driver sistema



Dentre os 4 sistemas investigados, a iluminação artificial apresentou maior diversidade quanto as propriedades encontradas. Já para as persianas prevaleceram os materiais de tela solar e alumínio. Para as luminárias observou-se modelos diversos, desde luminárias com aletas refletoras a *spots* e sancas de iluminação indireta. Dessa forma, foi frequente tanto a presença de iluminação de tarefa quanto o uso de iluminação para efeito decorativo. Porém, observou-se predominância nas lâmpadas do tipo *LED* e fluorescentes, em que 57% dos casos apresentavam exclusivamente lâmpadas *LED*, 14% *LED* e fluorescentes, e em 20% dos ambientes com fluorescentes, e nas demais salas, não foi possível identificar o tipo de lâmpada.

4.1.5 Driver usuário

Durante a coleta de dados e entrevistas com os usuários, foi observado que haviam alguns fatores e perfis de uso recorrentes nas salas analisadas. Em síntese, pode-se elencar os seguintes pontos:

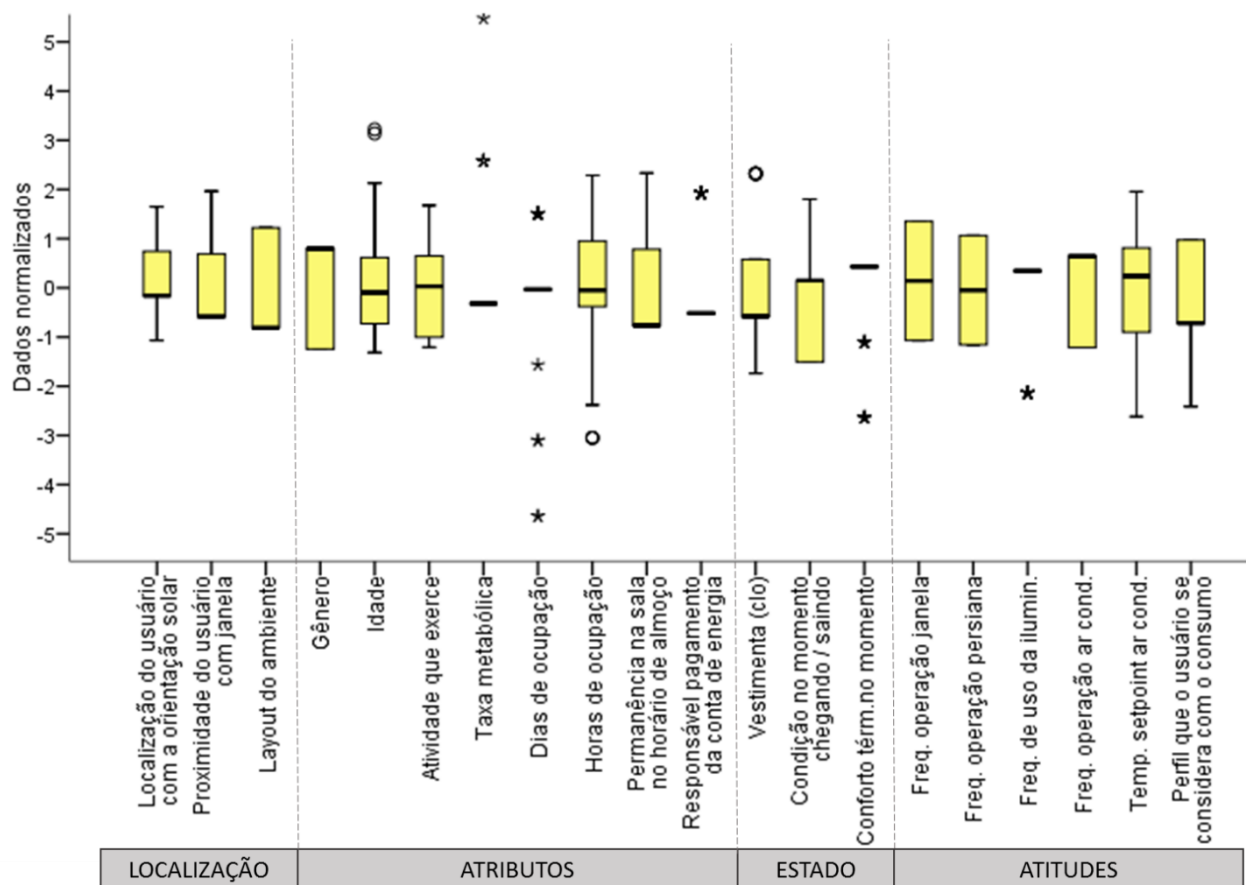
- Autonomia para operarem os sistemas;
- Atividade predominantemente sentado com uso de computador;
- Horários de chegada e saída;
- Padrão de vestuário;
- Abertura das janelas para renovação do ar, sendo no período da manhã logo quando chegam, ou no horário de almoço;
- Não realizam ventilação noturna;
- Uso constante da iluminação artificial no período de trabalho;
- Dispositivos manuais para acionamento da iluminação artificial;
- Equipamentos de ar condicionado eficientes;
- Comportamento de desligarem os sistemas de iluminação e ar condicionado quando deixam o ambiente no fim do dia.
- Apresentavam dificuldades para caracterizar o seu próprio uso de energia (considerados: econômico, moderado e desperdiçador).

Consoante com o observado durante a pesquisa em campo, identifica-se no diagrama de caixas da Figura 28, que os fatores de taxa metabólica, dias de

ocupação, responsabilidade pela conta de energia, satisfação com o conforto e frequência de uso da iluminação artificial, são homogêneos entre os usuários, não apresentando variação. Contudo, os poucos usuários que se diferem foram apontados nos *outliers*.

Por outro lado, os fatores relativos a localização do usuário, idade, horas de ocupação, temperatura de *setpoint* do ar condicionado apresentaram variabilidade nos dados, representando a dispersão existente. Quanto aos demais fatores como: *layout* do ambiente, gênero, vestimenta e frequência de uso dos sistemas, verifica-se que a variação é moderada entre os usuários. Deste modo, representa que os usuários estão distribuídos de forma equilibrada dentre os níveis investigados para estes fatores.

Figura 28 - Variabilidade dos fatores referentes ao driver usuário



A homogeneidade na taxa metabólica é resultante dos trabalhos realizados unicamente no computador com os usuários sentados, independentemente do tipo de atividade, correspondendo a uma taxa metabólica de 70W/m² ou 1,2 met.

Os *outliers* se referem aos poucos usuários que desempenham atividades do tipo serviços gerais, com uma taxa metabólica de 116W/m² ou 2 met.

Inclusive, os *outliers* destacados no atributo dias de ocupação, se referem tanto aos profissionais de serviços gerais quanto médicos que possuem atividades em outros locais. No entanto, a homogeneidade dos dias de ocupação é prevacente, em que 80% dos usuários entrevistados ocupam o edifício rigorosamente em dias de semana, concomitante ao estipulado no INI-C para as programações de ocupação em simulações.

Apesar dos dias de ocupação serem comuns aos usuários, o atributo horário de ocupação apresentou variabilidade. Na Figura 29 é apresentado os horários que os usuários ocupam o edifício, e na Figura 30 a quantidade de horas que permanecem no edifício. Verifica-se que os valores são dispersos conforme visto na Figura 28, contudo, a ocupação se concentra nos horários das 8:00 às 12:00 e das 13:30 às 18:00.

Ademais, os picos da ocupação ocorrem das 9:30 às 11:00 horas no período matutino, com 91% de ocupação, e das 15:00 às 16:30 horas no período vespertino, com 96% de ocupação. Conforme a Figura 29, os usuários iniciam a ocupação da edificação às 7:00 horas com valor ínfimo de 4%, e atinge o pico matutino às 9:30 horas. Após às 11:00 horas nota-se declínio na ocupação, sendo que às 12:30 horas observa-se queda expressiva, com 46% de ocupação. Porém, às 14:00 horas a ocupação retoma com 92%, e o declínio expressivo ocorre após às 18:00 horas, até a desocupação completa às 21:00 horas.

Figura 29 - Padrão de ocupação no edifício estudo de caso

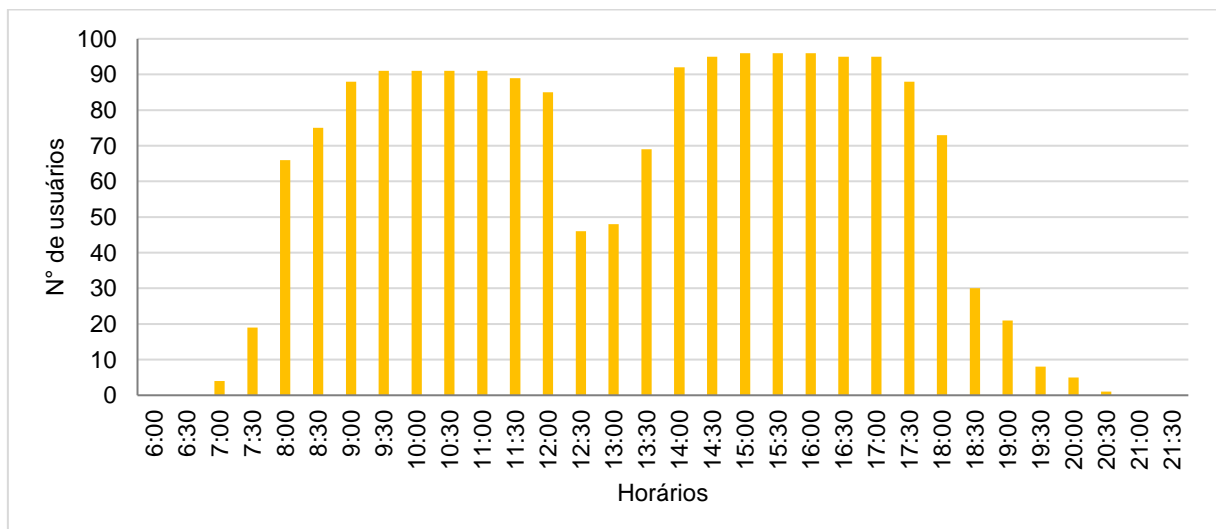
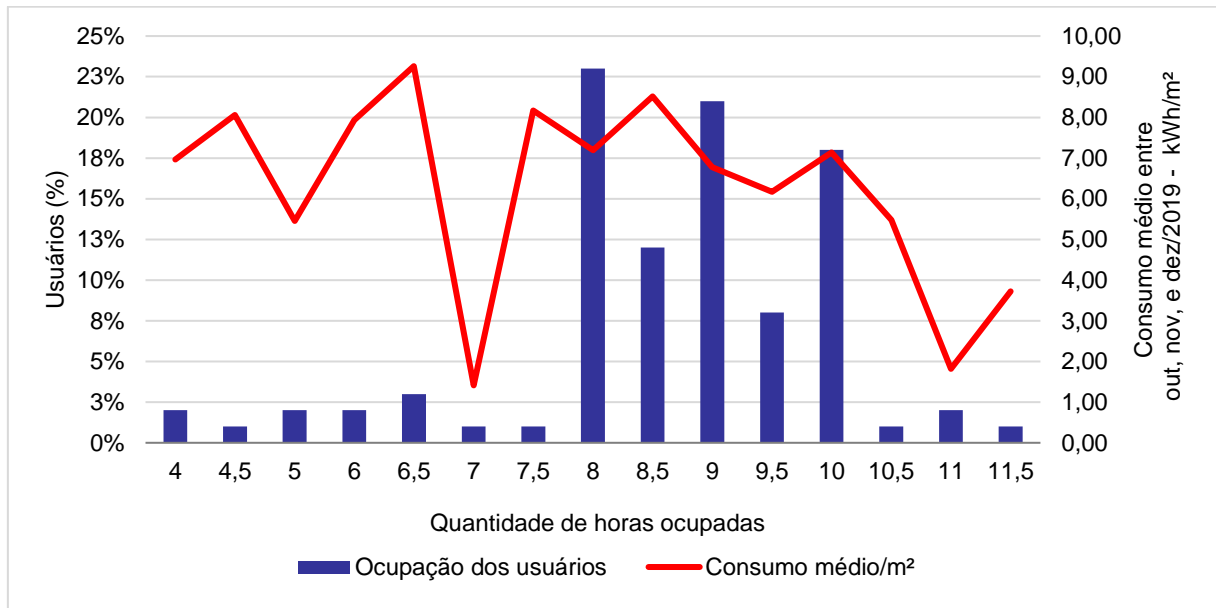


Figura 30 - Relação da quantidade de horas ocupadas com o consumo energético

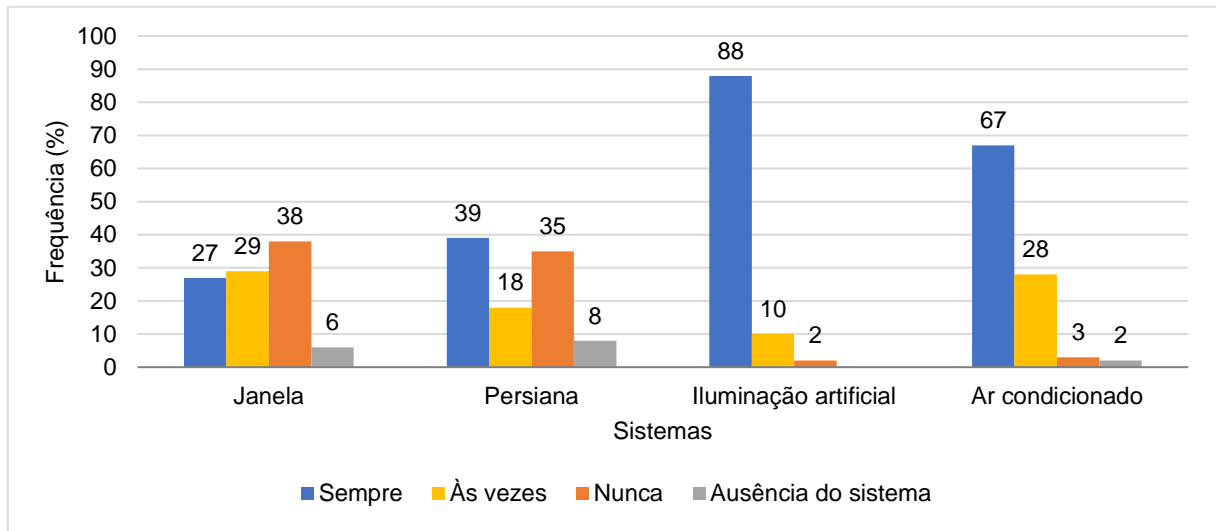


Dessa forma, o maior período de ocupação encontra-se das 8:00 às 18:00 horas, assim como é estipulado pelo INI-C uma programação com a permanência de 10 horas diárias no edifício. Contudo, a Figura 30 representa que 18% dos usuários permanecem por 10 horas na edificação, sendo que 23% dos usuários permanecem por 8 horas e 21% por 9 horas. No todo, 82% dos usuários tendem a permanecer de 8 a 10 horas na edificação. Para demais quantidade de horas, os dados são dispersos.

Ainda na Figura 30, no eixo vertical da direita compara-se a relação do consumo com o tempo de permanência dos usuários nas salas. Entretanto, não foi constatado a relação que se esperava, do consumo variar conforme as horas de ocupação. Acredita-se que o espaço pode apresentar demanda por equipamentos que permanecem em funcionamento mesmo sem ocupação por pessoas, bem como um usuário entrevistado pode não representar o todo.

Dentro do referido período de ocupação, a Figura 31 representa a frequência que os usuários operam os sistemas. No gráfico, é possível identificar a alta constância que os sistemas de iluminação artificial e ar condicionado são manuseados em relação às janelas e persianas, assim como a representatividade de 56% dos usuários que fazem uso da ventilação natural.

Figura 31 - Frequência de operação em cada sistema analisado



Constata-se que 88% dos usuários apresentam o comportamento de uso constante da iluminação artificial no ambiente de trabalho, enquanto que apenas 10% se apropriam da iluminação natural quando está é satisfatória. Os equipamentos de ar condicionado também são frequentemente usados para refrigeração, no qual torna-se inevitável diante das temperaturas superiores a 25°C (VECCHI et al. 2017) no verão, sobretudo no período da tarde.

Acrescenta-se ainda, como mencionado por Hong et al. (2015a), que o usuário ativo na operação de um sistema não necessariamente apresenta o comportamento de operar um outro sistema. A Tabela 14 mostra que 40% dos usuários apresentam atitudes de manuseio nos quatro sistemas, 32% tem o costume de operar 3 dos 4 sistemas, e 23% apresentaram o comportamento ativo somente nos sistemas de iluminação artificial e ar condicionado. Diante do exposto, evidencia que os sistemas ativos (mecânicos) de uso de energia elétrica são os mais utilizados.

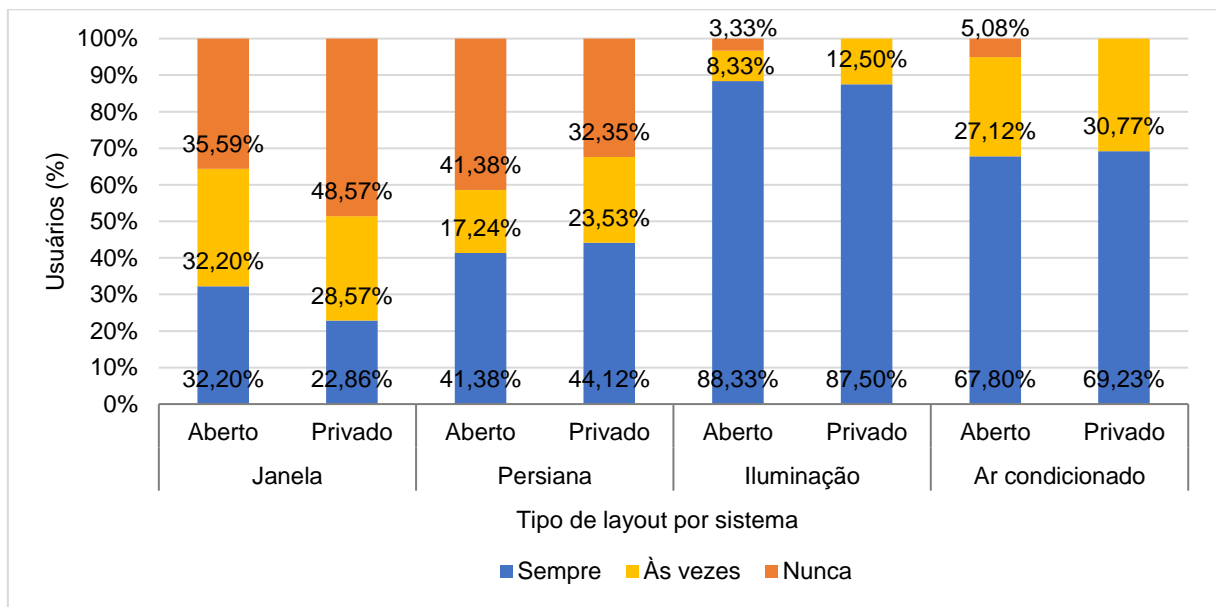
Tabela 14 – Quantidade de sistemas operados pelos usuários

| Quantidade | Sistemas | Nº de usuários |
|------------|--|----------------|
| 4 | Janela / Persiana / Iluminação / Ar condicionado | 40% |
| 3 | Janela / Iluminação / Ar condicionado | 15% |
| | Persiana / Iluminação / Ar condicionado | 17% |
| 2 | Iluminação / Ar condicionado | 23% |
| 1 | Janela | 1% |
| | Iluminação | 3% |
| 0 | Nenhum | 1% |

* Os usuários que responderam uma frequência de sempre e às vezes foram considerados como havendo operação do sistema.

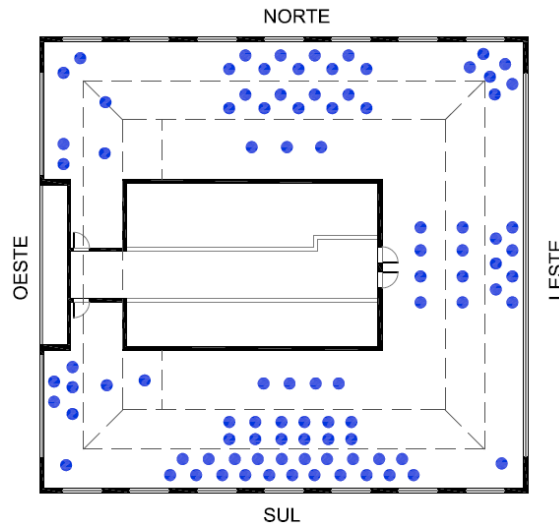
Analisando os fatores que os usuários estão submetidos com suas ações nos sistemas, parte-se do pressuposto dos autores Langevin, Gurian e Wen (2015) que usuários de *layouts* privados desempenham comportamentos mais eficientes. O fato dos usuários de *layout* privado não compartilharem a sala de trabalho, proporciona-os flexibilidade na operação dos sistemas. No entanto, conforme disposto na Figura 32, os usuários em *layouts* abertos apresentaram maior propensão para o uso da ventilação natural, não validando, assim, nesta pesquisa a condição do fator *layout*.

Figura 32 - Influência do fator layout na frequência de operação dos sistemas analisados



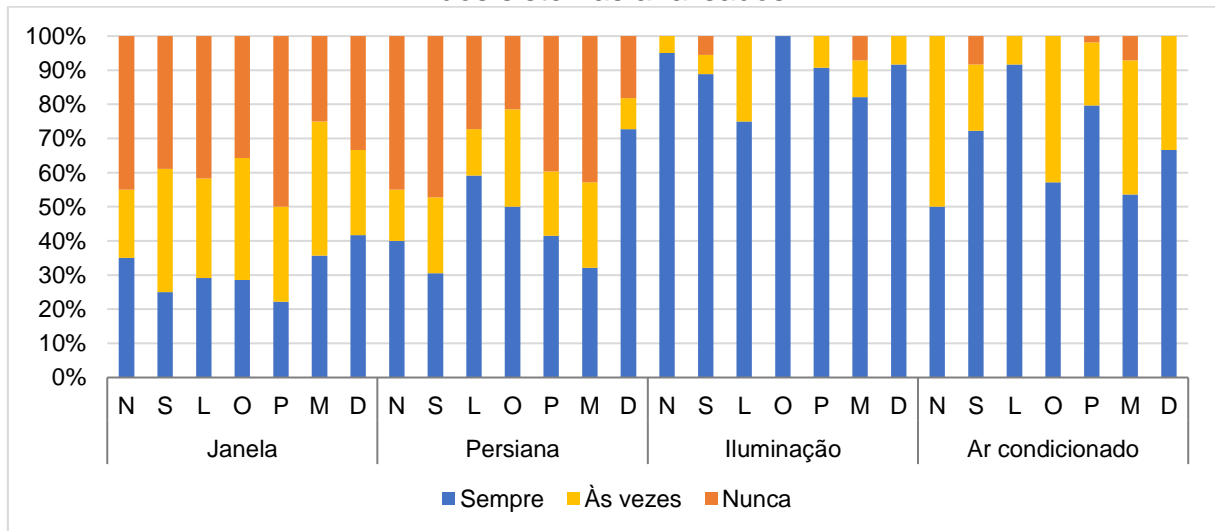
Diferentemente do *layout*, a localização do usuário em relação a orientação solar apresentou variabilidade, e constituem comportamentos distintos. Na Figura 33, os usuários entrevistados foram distribuídos conforme a fachada que recebem influência, bem como sua proximidade com as aberturas. Observa-se que estão predominantemente próximos às janelas, e sob influência das orientações solar norte e sul. Pressupõe-se, mediante as observações *in loco*, que a geometria e a grande quantidade de aberturas presentes nas salas do edifício, favoreceram uma configuração com estações de trabalho próximas às janelas.

Figura 33 – Distribuição dos usuários entrevistados



Explorando as ações que os usuários apresentam perante a orientação solar que estão sujeitos, a Figura 34 demonstra maior assiduidade na operação das persianas quando estão sob influência da fachada leste. Além disso, 92% dos usuários na face leste utilizam os aparelhos de ar condicionado, com uma frequência de 20% superior ao identificado nas demais fachadas.

Figura 34 - Influência do fator de localização do usuário na frequência de operação dos sistemas analisados



* Localização do usuário com a orientação solar, em que N = norte, S = sul, L = leste, O = oeste.

** Proximidade do usuário com a janela, em que P = próximo, M = mediano, D = distante.

Tendo em vista que no período da tarde a temperatura do ar externo é mais elevada, previa-se que usuários localizados na fachada oeste apresentassem a maior frequência no uso do ar condicionado. Por outro lado, levando em consideração

a proporção das aberturas nas fachadas leste e oeste, assim com as observações em campo, os usuários das salas a oeste conseguem maior aproveitamento da ventilação natural, enquanto que nas salas a leste, com a extensa pele de vidro, necessitam de condicionamento artificial logo no início da manhã e tendem a permanecer com o ar condicionado ligado durante toda a ocupação.

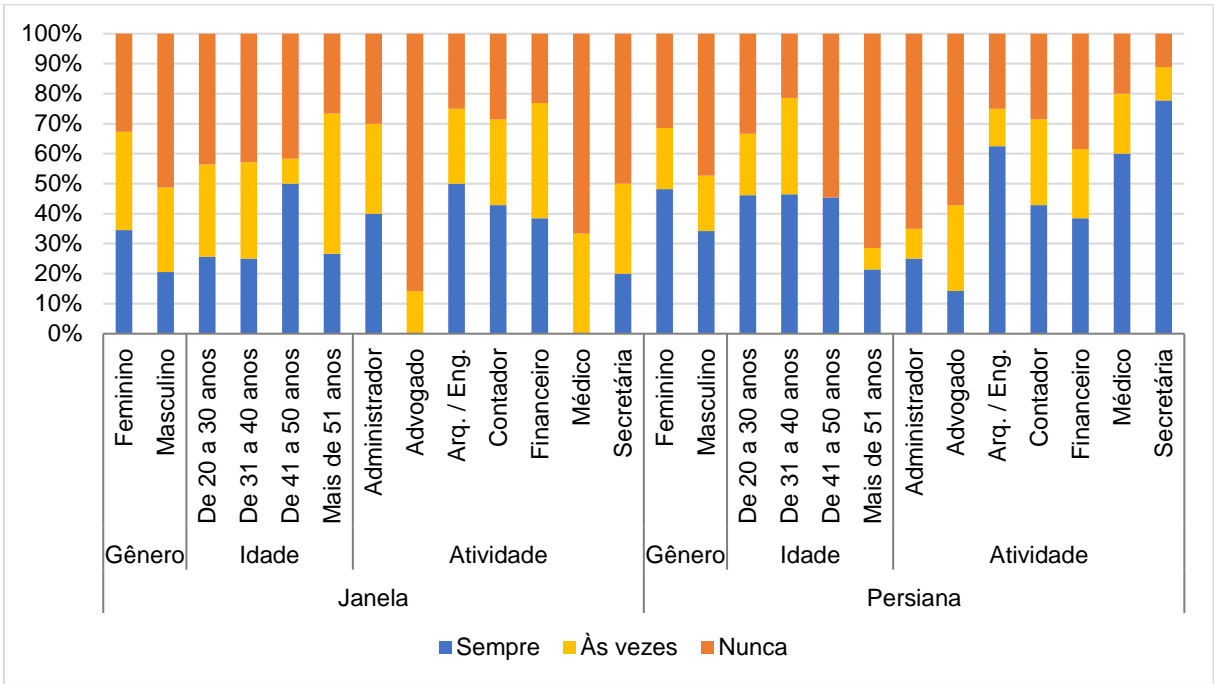
Ainda referente as análises da Figura 34, é interessante destacar que a distância dos usuários perante as janelas e as persianas, não os impedem de adotar atitudes de interação para obter ventilação e iluminação natural, diferentemente do identificado pelos autores Leite e Gutierrez (2016) e Bavaresco e Ghisi (2018), no qual a falta de interação com as persianas cresce à medida que o usuário se distancia da janela. No entanto, a baixa frequência na operação das persianas para os usuários que estão localizados a sul, e a maior assiduidade para os que estão a leste e oeste identificados na pesquisa, é consoante ao mencionado por Bavaresco e Ghisi (2018).

Com relação aos atributos de idade, gênero e a atividade que o usuário exerce, verifica-se na Figura 35 que a profissão apresentou maior diversificação de comportamentos. Como mencionado por Gunay, O'Brien e Beausoleil-Morrison (2013), algumas atividades que os usuários exercem podem demandar um uso específico dos sistemas. Dessa forma, é expressivo a ausência do uso da ventilação natural pelos grupos de advogados e médicos. Acrescenta-se que, em tais grupos alguns usuários relataram que eventualmente abrem as janelas, porém, com a finalidade exclusiva de obter melhor qualidade do ar interno. Por outro lado, observa-se no gráfico que o grupo formado por arquitetos e engenheiros demonstraram um comportamento mais favorável ao uso da ventilação natural, bem como o aproveitamento da iluminação natural, sendo a atividade que manifestou maior interação com os sistemas.

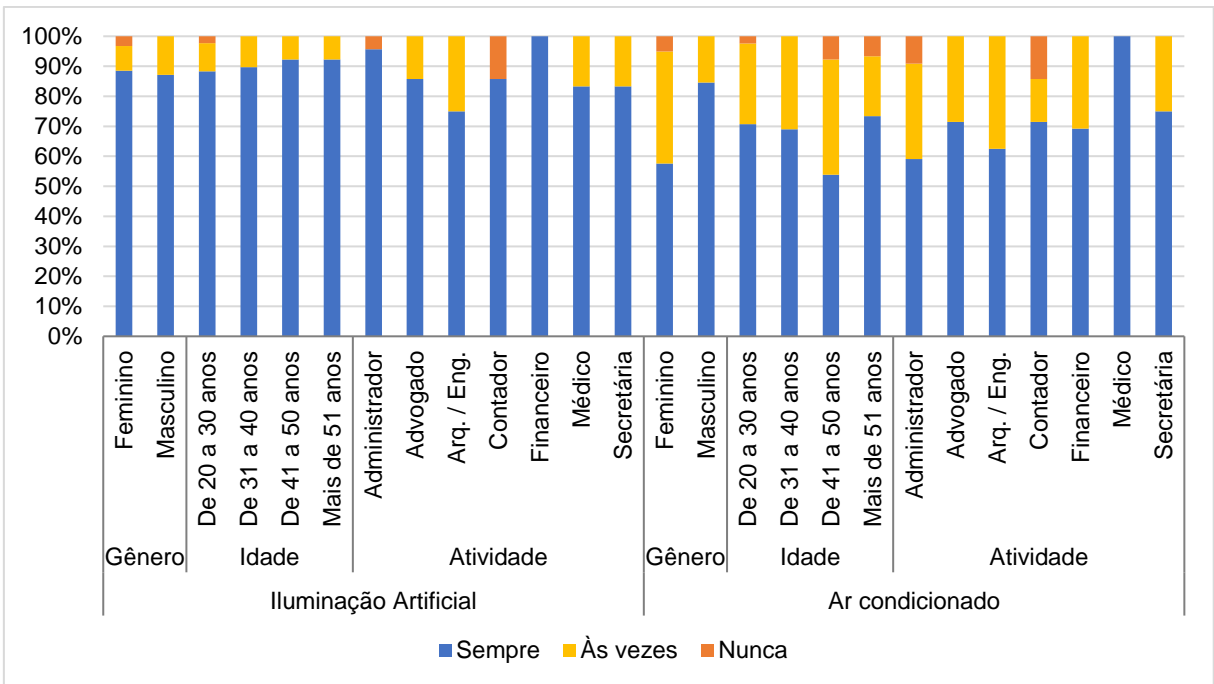
Quanto ao gênero, pode-se averiguar que, por uma diferença de 19%, as mulheres tendem a usufruir da ventilação natural mais do que os homens, e estes, tendem a utilizar o ar condicionado para refrigeração. Similarmente, os autores Vecchi (2015) e Langevin, Gurian e Wen (2015), identificaram que as mulheres preferem temperaturas mais altas e possuem maior aceitabilidade térmica para o calor.

Além disso, as mulheres também apresentaram um comportamento mais ativo na manipulação das persianas, em acordo com o afirmado pelos autores O'Brien et al. (2017) que usuários com maior adaptação às condições ambientais são mais atuantes na operação dos sistemas passivos.

Figura 35 - Influência dos fatores gênero, idade e atividade dos usuários na frequência de operação dos sistemas analisados – a) janelas e persianas e b) iluminação artificial e ar condicionado



(a)



(b)

*Foram considerados os grupos de atividades mais representativos.

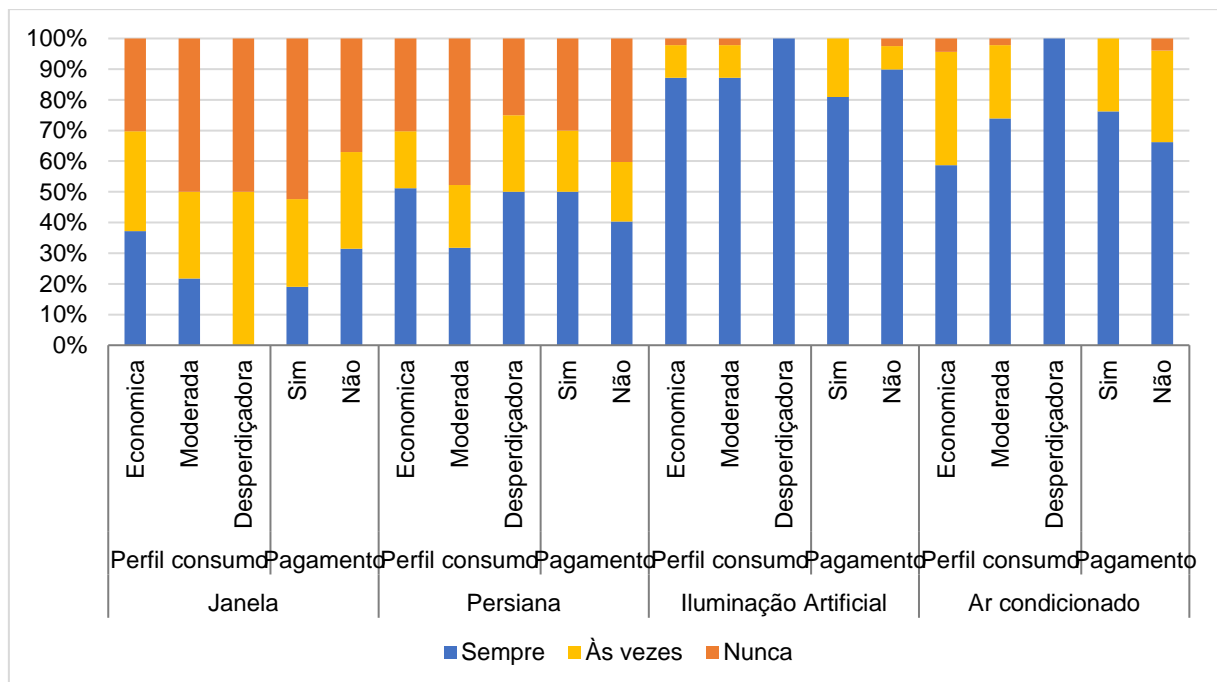
Como visto no diagrama de caixas da Figura 28, o atributo idade possui alta variabilidade, assim, para viabilizar a análise foram categorizados por faixa etária. Com base nos resultados da Figura 35, o uso da iluminação artificial e ar condicionado

não se diferem com a idade. Em relação às janelas, nota-se que os usuários entre 41 e 50 anos apresentam maior aceitabilidade para o uso da ventilação natural.

Complementa-se que, usuários acima de 51 anos tendem a operar as janelas em algum momento do dia, e tal faixa etária é representada em maior parte por homens, sendo 20% a mais do que mulheres. Dessa forma, pode-se inferir que as particularidades das diversas características presentes nos usuários dificultam a padronização do comportamento.

Em relação ao atributo de responsabilidade pela conta de energia, Karjalainen (2007), relata que os responsáveis são mais propensos a apresentar um comportamento eficiente. No entanto, de acordo com o gráfico da Figura 1 Figura 36, não foi possível identificar o exposto acima, visto que suas atitudes não se diferenciaram dos demais.

Figura 36 - Influência dos fatores perfil de consumo e responsabilidade no pagamento da conta de energia na frequência de operação dos sistemas analisados

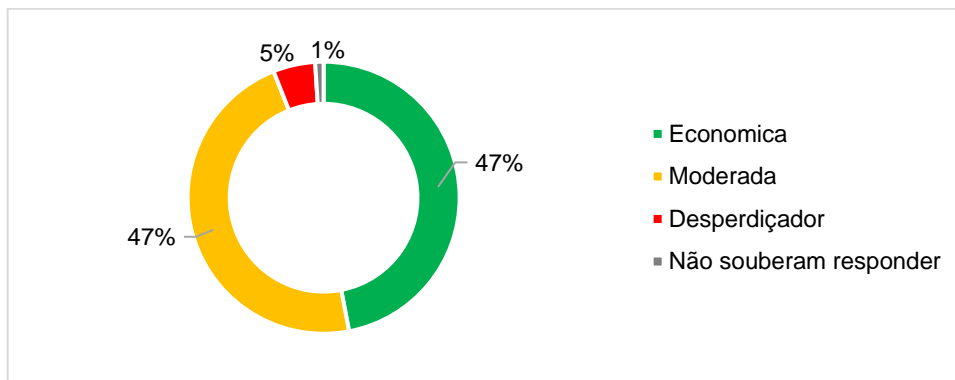


* Perfil consumo, se refere a categoria que o próprio usuário se considera em relação ao seu uso de energia.

** Pagamento, se refere se o usuário é responsável por dispor de recursos financeiros para pagar a conta de energia.

Ademais, no momento em que os usuários foram questionados sobre seu perfil de consumo de energia, apresentaram dificuldade para avaliar e definir a relação das suas ações nos sistemas e equipamentos com o consumo. Assim, se dividiram entre perfis de baixo e moderado consumo, conforme a Figura 37.

Figura 37 - Porcentual dos usuários em cada categoria de perfil de consumo



Apesar da incerteza sobre seu próprio consumo, retornando na Figura 36, nota-se certa coerência na frequência de operação dos sistemas com a classificação atribuída, pois os que se consideraram econômicos dispõem de maior aceitabilidade das condições ambientais. Entretanto, aproximadamente 30% que se consideraram econômicos não fazem uso da ventilação natural.

Nos gráficos analisados até o momento, é evidente o uso expressivo e constante dos sistemas artificiais. Contudo, ainda há diversos motivos e fatores que interferem na interação dos usuários com os sistemas.

De acordo com a Figura 38, verifica-se que a busca por uma boa qualidade do ar interno é o principal motivo dos usuários interagirem com as janelas. Por outro lado, o ruído externo contribui consideravelmente para adotarem o uso do ar condicionado ao invés da ventilação natural. Além disso, constata-se que a preferência dos usuários em utilizar a ventilação natural ou o ar condicionado se equiparam, sendo de 33% e 39% respectivamente.

A Figura 39 dispõe das condições que levam os usuários a adotar as atitudes de abrir e fechar as janelas. Pode-se observar que costumam abrir as janelas no momento que chegam no ambiente, e são condicionados principalmente pela qualidade do ar interno. Entretanto, para aproximadamente 50% dos usuários que utilizam a ventilação natural, o condicionamento artificial é utilizado quando em condições de muito desconforto.

Figura 38 - Motivos dos usuários operarem ou não as janelas

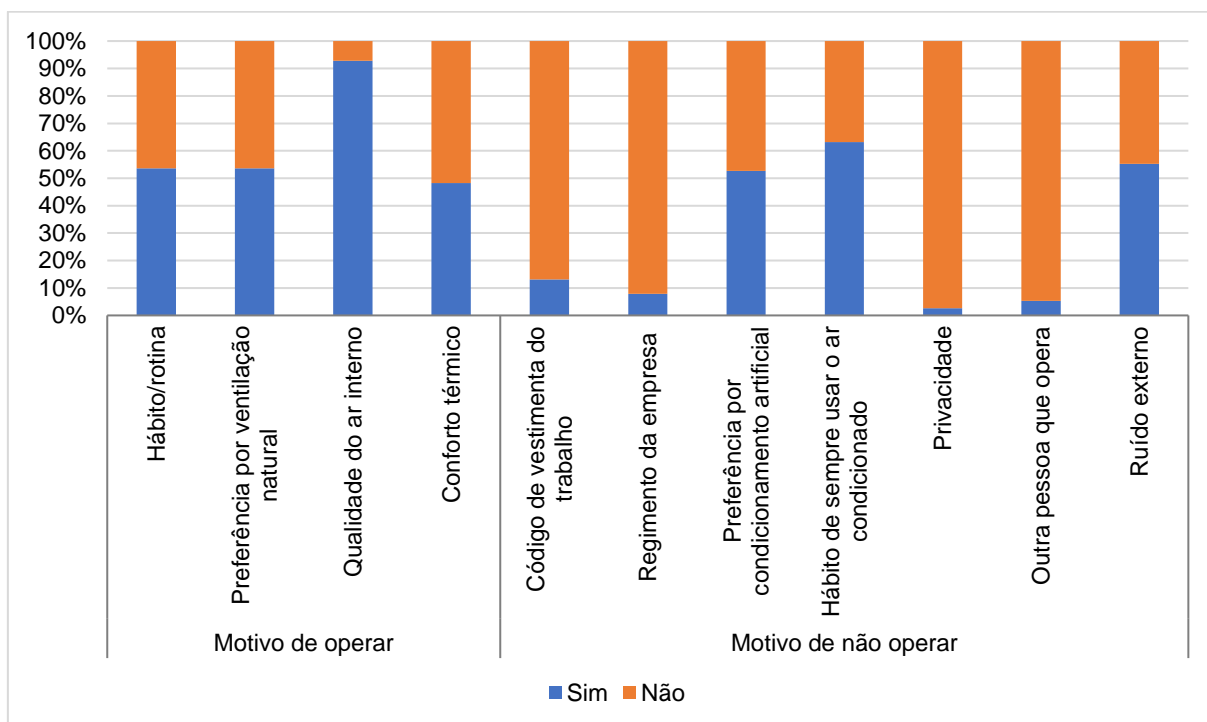
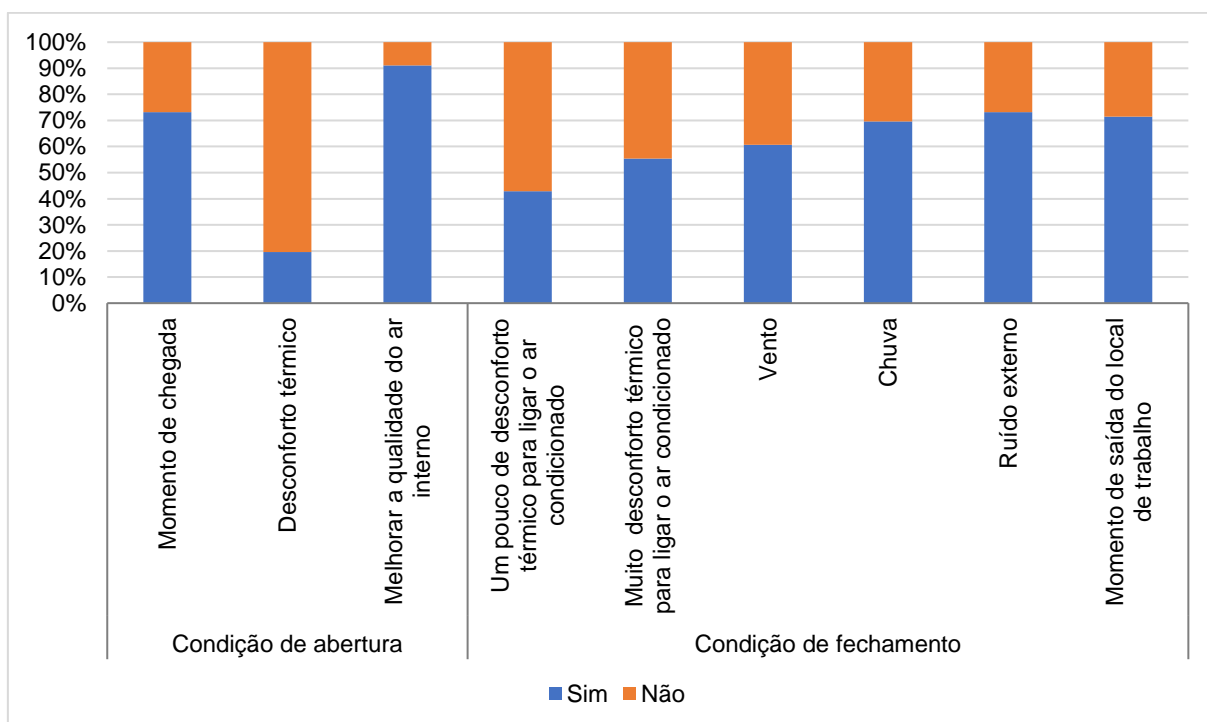


Figura 39 - Condições dos usuários abrirem e fecharem as janelas



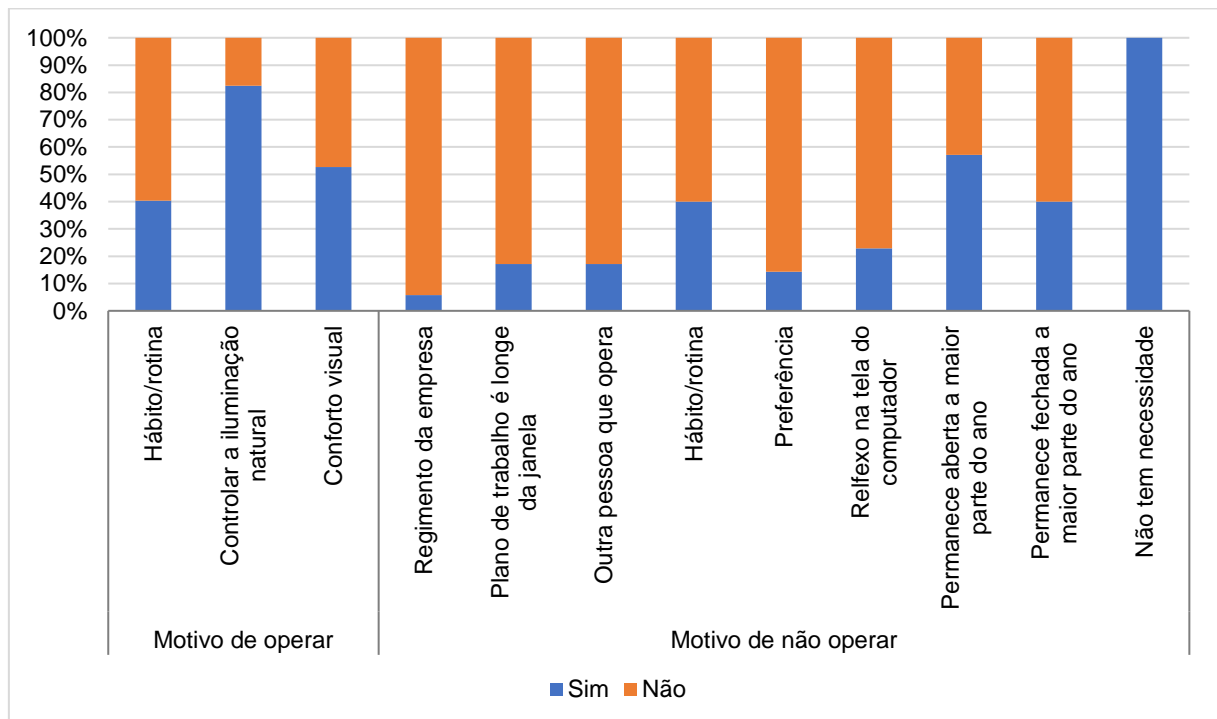
Destaca-se que, durante as entrevistas, dois usuários relataram que não interagem com as janelas e persianas porque possuem acrofobia². Apesar da

² Acrofobia: De acordo com o Dicionário Aurélio, é um medo doentio de lugares muito altos.

existência de fobias, este fator psicológico é específico a um número pouco representativo de usuários, não sendo notado na literatura.

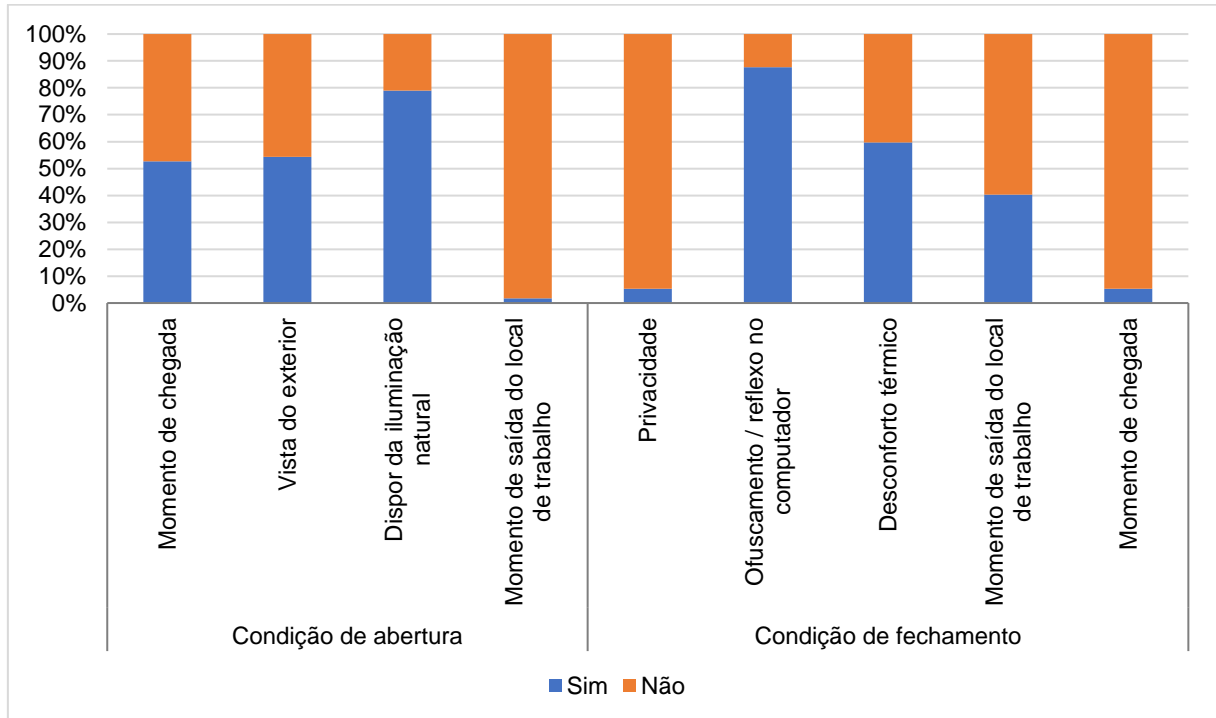
Diversos estudos citam constantemente o uso das persianas para controle da iluminação e radiação solar. A presente pesquisa segue a mesma premissa, conforme demonstrado nas Figura 40 e Figura 41, porém não as únicas condições. Dos usuários que manuseiam as persianas, identificou-se que 55% são motivados pela vista para o exterior. Realça-se que a vista das aberturas do edifício, principalmente da fachada leste, é nobre com visibilidade para um lago artificial.

Figura 40 - Motivos dos usuários operarem ou não as persianas



Ademais, consoante com o estudo de Haldi e Robinson (2010), dos usuários que operam as persianas, 52% interagem no momento de chegada e 41% no momento de partida. Com relação a falta de manuseio das persianas, os autores Gunay et al. (2017) identificaram usuários que tendiam a deixar as persianas fechadas por um longo período de tempo. Nesta pesquisa, tal fato foi reconhecido dentre os usuários que não utilizam as persianas, em que 40% as deixam sempre fechadas, e 57% deixam constantemente aberta. Nestes casos, os usuários próximos da fachada sul não apresentavam necessidade de sombreamento interno, enquanto que outros usuários, simplesmente não possuem hábito de manusear as persianas.

Figura 41 - Condições dos usuários abrirem e fecharem as persianas



Quanto ao comportamento perante a iluminação artificial, foi constatado no diagrama de caixas que a frequência de uso é homogênea entre os usuários. Observa-se que os resultados obtidos na Figura 42 e Figura 43, se assemelham ao relatado por Yun, Kim e Kim (2012), no qual possuem o comportamento de acionar a iluminação no momento de chegada, e assim permanece até o momento de partida. No entanto, 60% dos usuários afirmam que tem a atitude de apagar quando ausentes, seja no horário do almoço, ou para outras atividades externas. Complementa-se que, o uso da iluminação artificial é necessário para 25% dos usuários, principalmente na área da saúde, pois precisam de um nível de iluminância superior aos demais no ambiente de trabalho.

Figura 42 - Motivos dos usuários operarem ou não a iluminação artificial

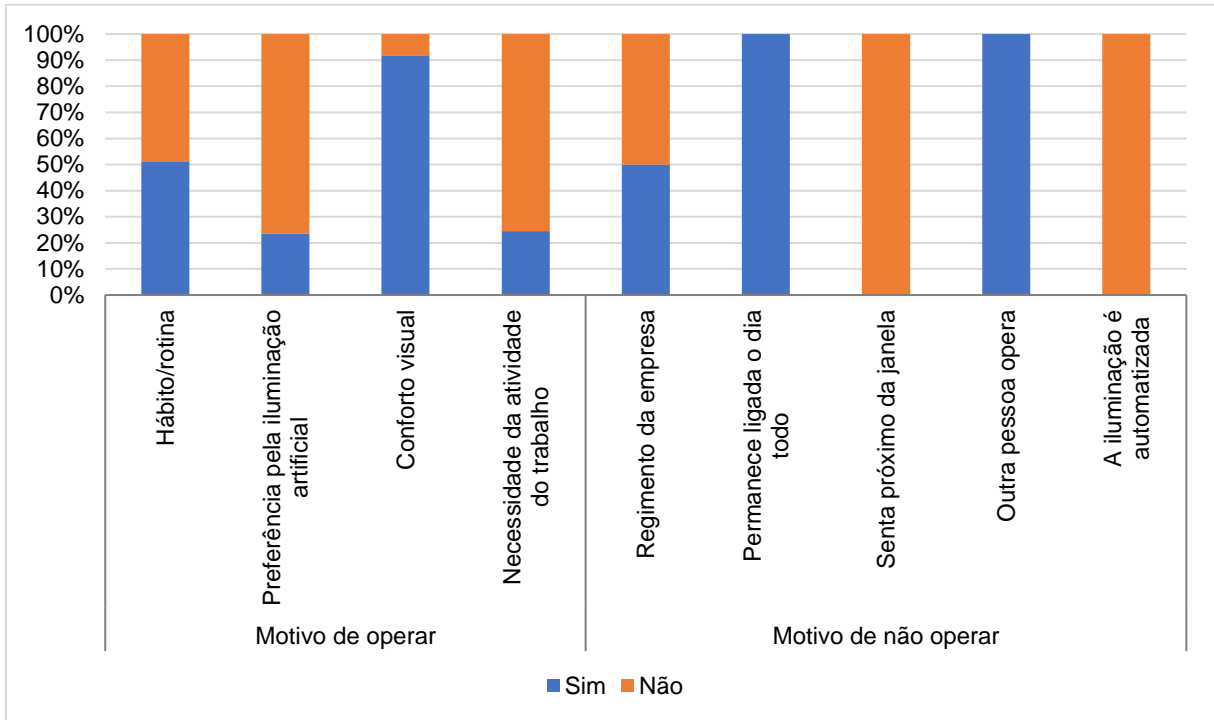
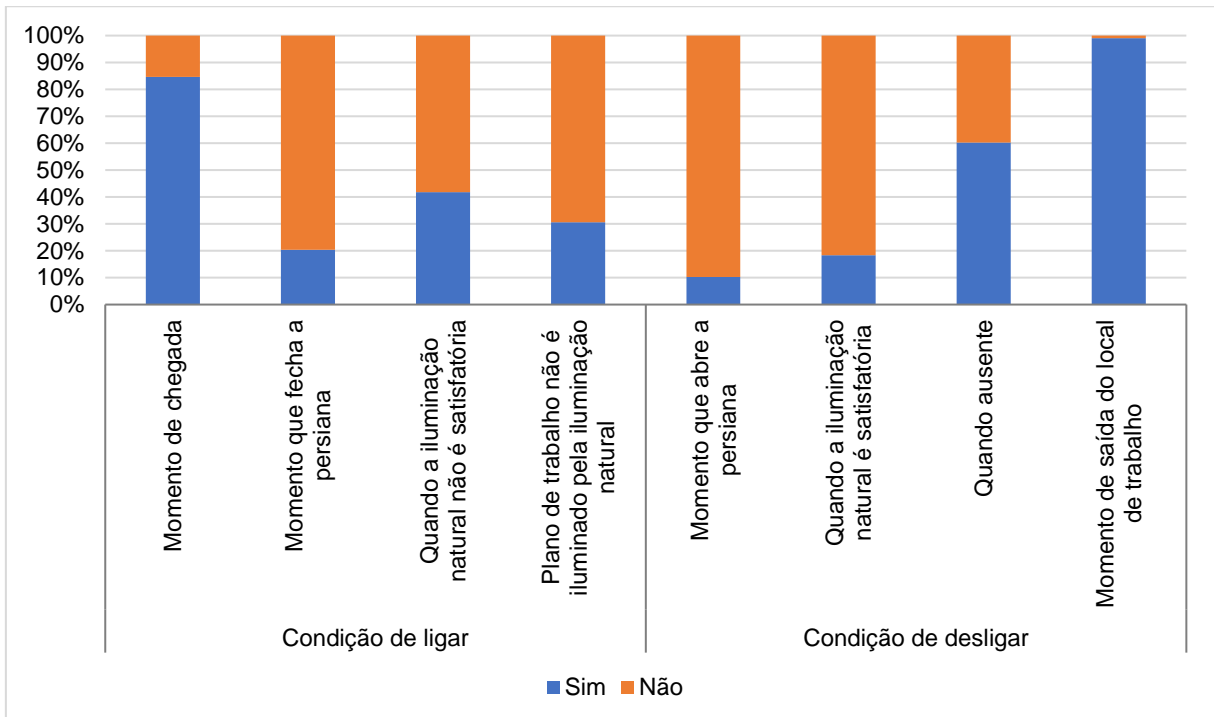


Figura 43 - Condições dos usuários ligarem e desligarem a iluminação artificial



A influência da temperatura do ar no uso do ar condicionado para obter conforto térmico é incontestável, sendo o principal fator relatado pelos usuários. Contudo, diante dos resultados das Figura 44 e Figura 45, 53% dos usuários possuem o hábito de usar o condicionamento artificial constantemente, independente da

condição ambiental. Assim, 41% dos usuários possuem o comportamento de ligar o ar condicionado no momento de chegada, enquanto que os demais usam o ar condicionado conforme o desconforto térmico ao longo do dia. Os autores Brugnera, Roriz e Chvatal (2013) complementam que a partir do momento que os usuários ligam o ar condicionado, a atitude de desligar ocorre provavelmente no momento de partida, bem como tendem a usar o ar condicionado mesmo em conforto.

Figura 44 - Motivos dos usuários operarem ou não o ar condicionado

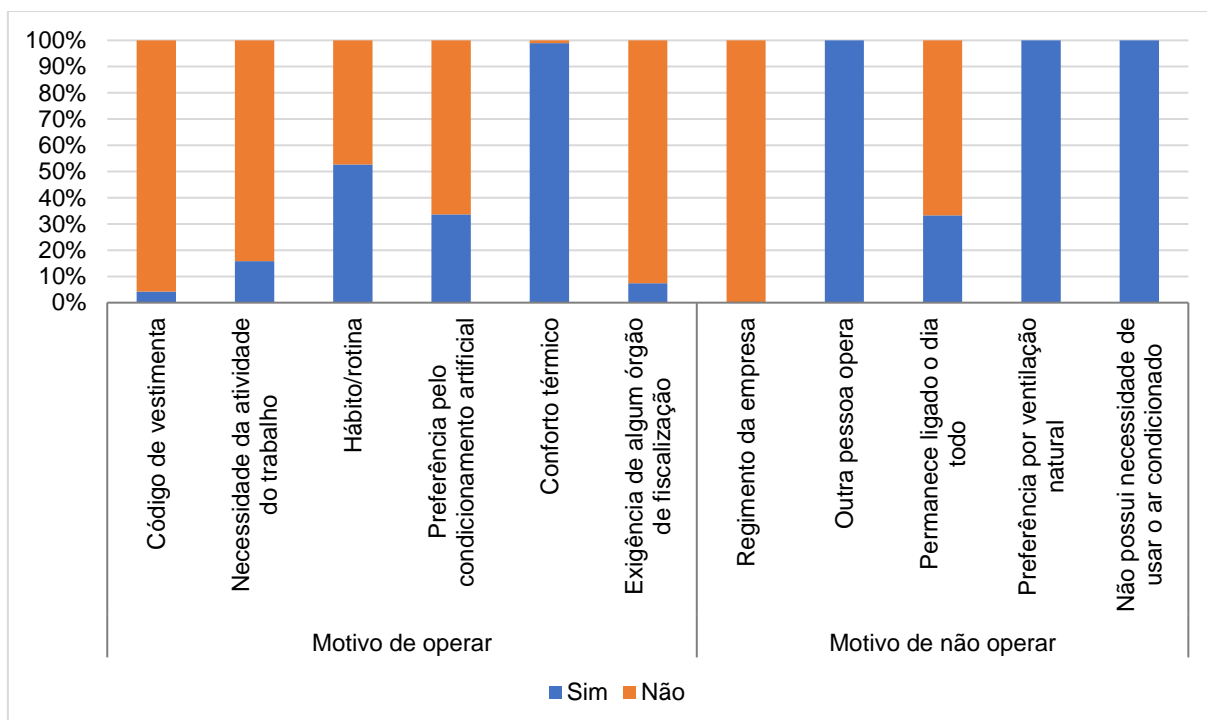


Figura 45 - Condições dos usuários ligarem e desligarem o ar condicionado

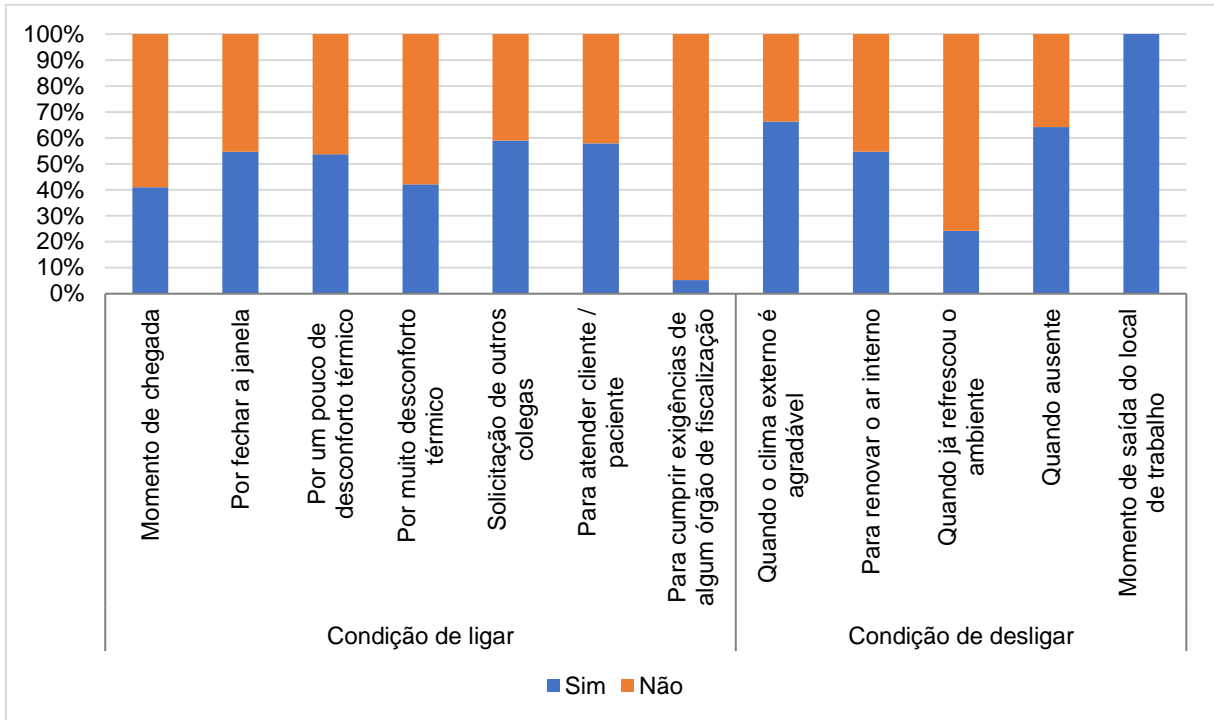
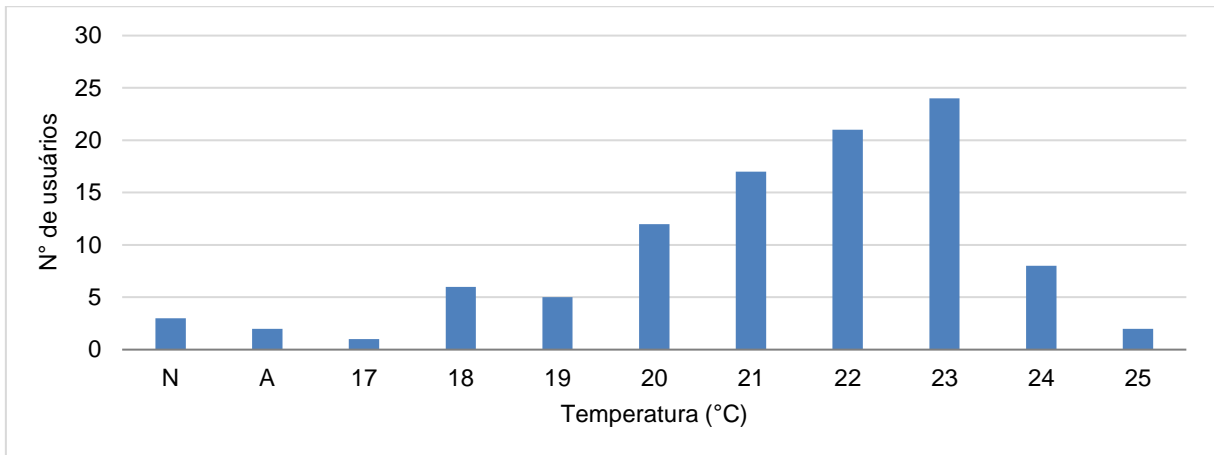


Figura 46 - Temperatura que os usuários costumam programar o ar condicionado



* N = não opera o ar condicionado

** A = ausência do sistema

Ainda sobre as atitudes dos usuários, a variabilidade da temperatura de ajuste do ar condicionado é evidenciada no gráfico da Figura 46. Observa-se que, os usuários adotam predominantemente as temperaturas entre 20°C e 23°C em uma escala crescente, durante o uso do ar condicionado. Porém para a temperatura de 24°C em diante, a frequência diminui. Ademais, as temperaturas adotadas encontram-se na faixa de conforto térmico estabelecida por Givoni (1992).

Por fim, os fatores associados a subcategoria estado dos usuários, apresentaram baixa variabilidade e distinção, conforme exposto no diagrama de caixas da Figura 28, bem como, são condicionadas às circunstâncias de um dado instante. Desse modo, manifestaram comportamentos inconclusivos.

Independentemente da similaridade e homogeneidade observada no comportamento diante de alguns fatores, a grande diversidade da amostra revela a heterogeneidade e complexidade das ações dos usuários. Com o objetivo de obter uma análise mais apurada, fez-se necessário uma investigação aprofundada dos fatores influentes no comportamento dos usuários. Dessa forma, a pesquisa prosseguiu com a aplicação da técnica estatística de análise de cluster para determinar os diferentes padrões de uso no edifício.

4.2 PADRÕES DE USO NO EDIFÍCIO EM ESTUDO

Os resultados do agrupamento obtido pela análise de cluster e a definição dos clusters desenvolvidos serão apresentados em detalhes.

A divisão dos usuários em grupos derivou-se da seleção de 55 variáveis de entrada, relativas aos fatores das subcategorias: localização e atitudes do *driver* usuário. As variáveis referentes as ações dos usuários nos sistemas de janelas e persianas foram dominantes, apresentando maior significância para a distribuição dos clusters, conforme aponta o índice de importância estabelecido pelo algoritmo *Two Step* na Figura 47. Já para as atitudes dos usuários nos sistemas de iluminação artificial e ar condicionado, a Figura 48 demonstra a baixa significância na formação dos grupos, o que significa pouca variação na forma de uso desses sistemas entre os grupos.

Figura 47 - Variáveis mais influentes na formação dos agrupamentos de usuários

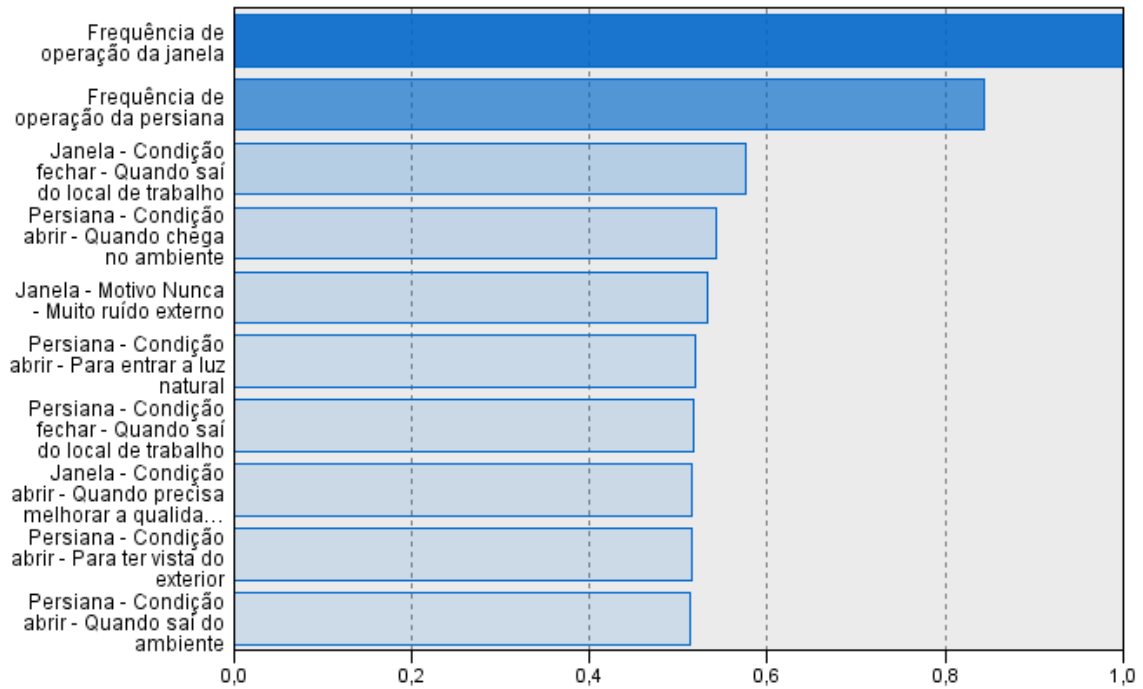
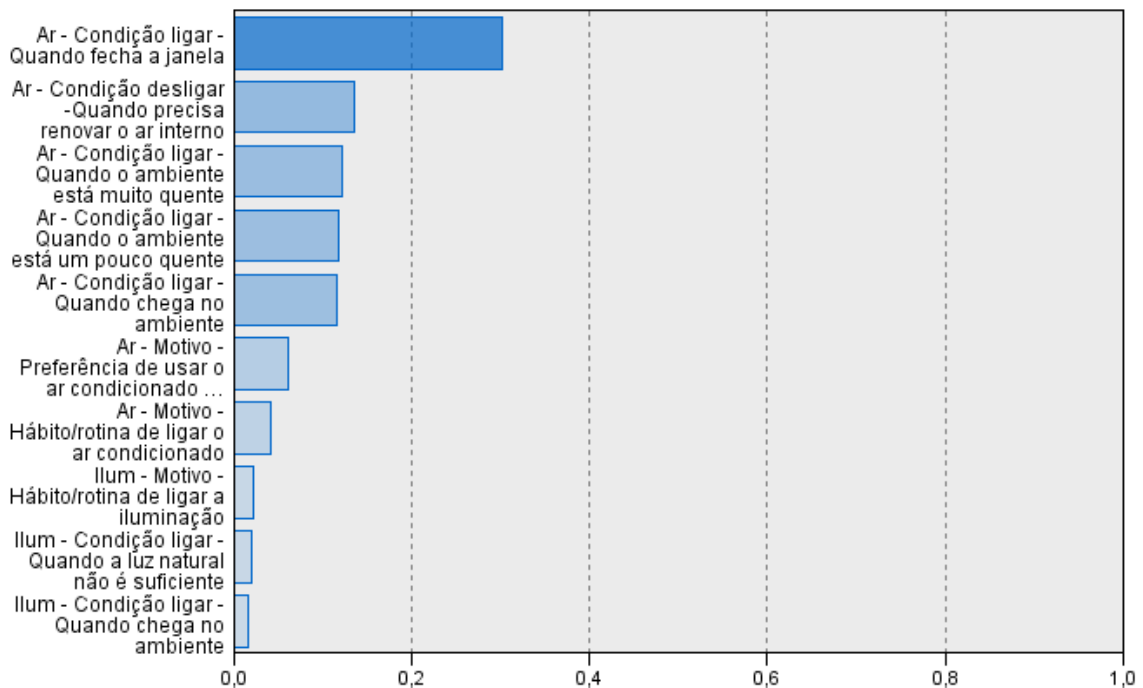


Figura 48 - Variáveis menos influentes na formação dos agrupamentos de usuários

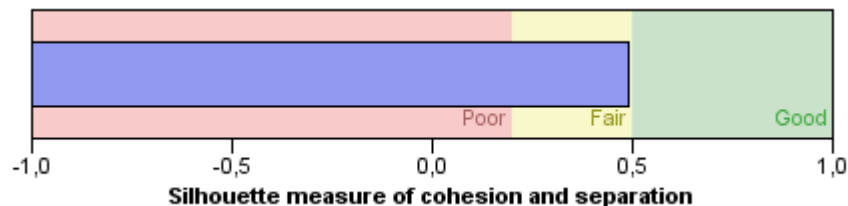


Conforme os gráficos apresentados no item 4.1.5 relativos as atitudes dos usuários, a maior diversidade no comportamento ocorreu no uso dos sistemas de janela e persianas. Para os sistemas de iluminação artificial e ar condicionado, os usuários tiveram atitudes similares, principalmente quanto à iluminação. Consoante

com as pesquisas de Yun, Kim e Kim (2012), Leite e Gutierrez (2016) e Gunay et al. (2017), foi identificado na literatura que o comportamento dos usuários na operação do sistema de iluminação artificial são semelhantes independente da região e clima. No entanto, conforme as pesquisas de Vecchi et al. (2017), Langevin, Gurian e Wen (2015), D'Oca et al. (2018), Brugnera, Roriz e Chvatal (2013), Pisello et al. (2016), Pan et al. (2018), Bavaresco e Ghisi (2018), a operação de janelas, persianas e ar condicionado apresentaram discrepâncias. Dessa forma, evidencia-se a importância das variáveis relativas à operação das janelas e persianas para diferenciação dos usuários.

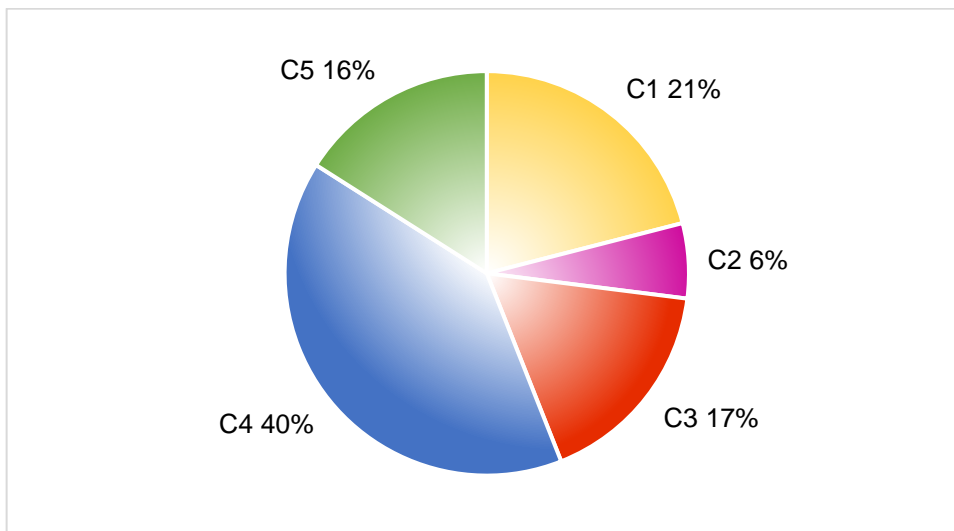
O resultado da silhueta de coesão e separação para o agrupamento apresentou uma qualidade satisfatória, sendo de 0,5. Assim, a Figura 49 gerada no processo de análise do algoritmo *Two Step* expõe a qualidade da distribuição dos objetos.

Figura 49 - Silhueta de coesão e separação do agrupamento dos usuários



Os usuários foram distribuídos em 5 clusters que resultaram em uma variação do número de usuários representativos para cada grupo. Na Figura 50, verifica-se que os clusters denominados C1, C3 e C5 apresentaram proporções aproximadas, sendo de 21%, 17% e 16% de usuários, respectivamente. O cluster C2 é representado pela menor quantidade de usuários, sendo de 6%. Enquanto que o maior grupo, C4, corresponde a 40% dos usuários entrevistados.

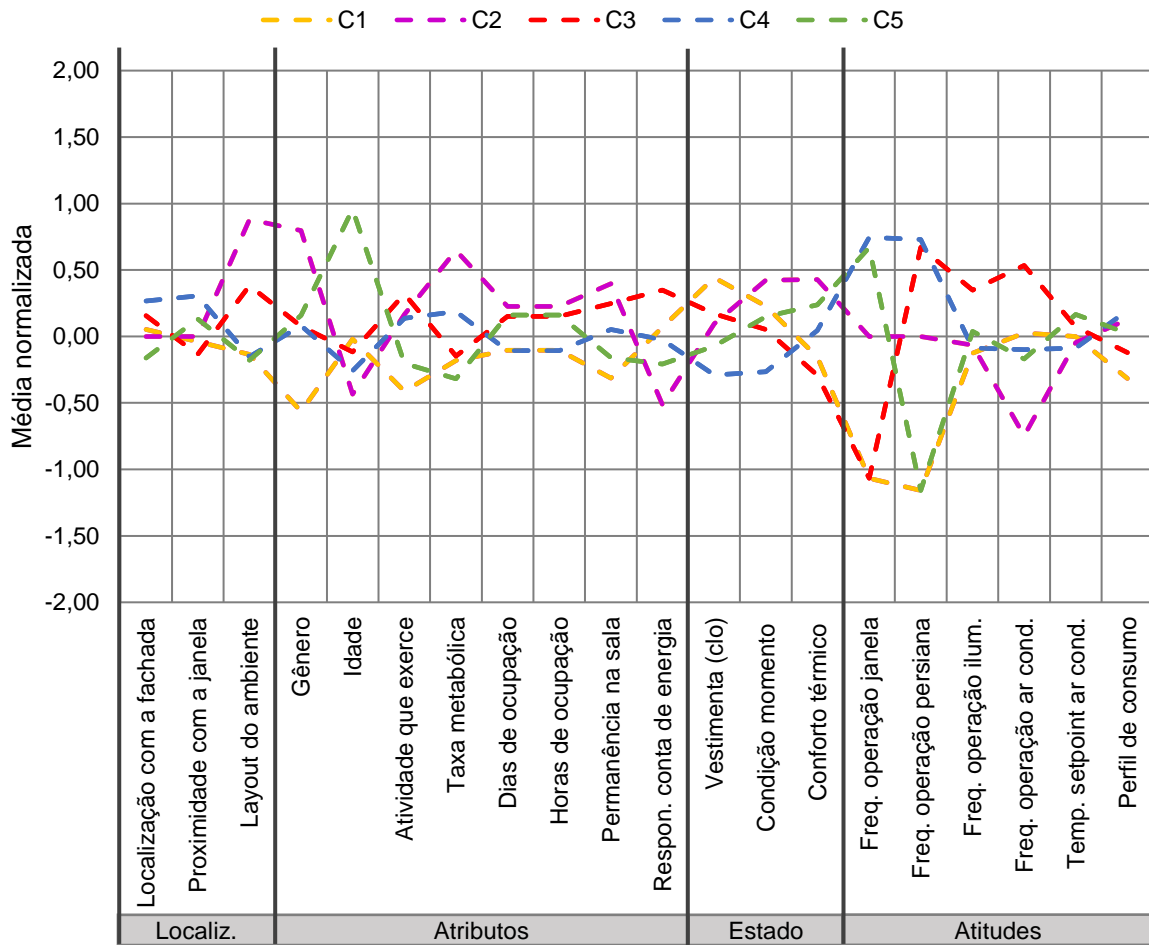
Figura 50 - Proporção dos clusters no agrupamento dos usuários



Na etapa de agrupamento, a caracterização dos clusters dos usuários tiveram como critério as diferenças identificadas entre os grupos referentes aos fatores das subcategorias localização e atributos. Enquanto que os comportamentos dos padrões de uso foram definidos considerando as atitudes e os fatores que conduzem suas ações.

O diagrama, delineado na Figura 51, apresenta o perfil dos grupos com os dados normalizados. Verifica-se que há fatores muito similares nos cinco clusters, sendo os dias e as horas de ocupação os mais homogêneos. Enquanto que os fatores mais divergentes foram as frequências de operação nos sistemas.

Figura 51 - Diagrama de perfil dos clusters de usuários



Comparando a localização dos usuários, verifica-se que há uma diferenciação significativa no fator *layout* do cluster C2, no qual estão em ambientes privados.

Analisando o perfil dos grupos para a localização e proximidade das janelas, há uma diferenciação menor, entretanto, é possível identificar que os usuários do C3 estão mais próximos das janelas e o C4 apresenta o maior número de usuários distantes das janelas, porém, não foram significativas para defini-los.

Com relação aos atributos, nota-se que os clusters C1, C2 e C5 se destacam quanto aos fatores de gênero e idade, no qual essas características são consideráveis para defini-los.

Contudo, a maior diferenciação estabelecida no perfil dos grupos se refere as atitudes de operação dos sistemas, sendo interessante observar que a frequência de operação das janelas e persianas apresentam grupos com operação similares ou completamente opostas. Contrariamente, a operação da iluminação

artificial não difere entre os grupos, tal como foi identificado nas análises do *driver* usuários.

Deste modo, o cluster C1 é composto por usuários que não possuem o comportamento de manusear as janelas e persianas. Estão localizados predominantemente, mas não somente, sob influência da orientação solar sul, assim, não manifestam necessidade de operar as persianas. Apesar dos usuários deste cluster exercerem atividades distintas, os advogados encontram-se em maior concentração neste grupo. Ademais, é constituído na maior parte por homens, e com vestimenta de 1,0 clo, que demonstram preferência pelo condicionamento artificial, sendo pouco tolerantes ao desconforto térmico. No entanto, se consideram de perfil moderado em relação ao consumo de energia. Assim, caracterizam-se por uma operação frequente dos sistemas ativos e ausência de operação dos sistemas passivos de janela e persiana.

O cluster C2 diferencia-se especialmente pela ausência de janelas no ambiente, e estão localizados em *layouts* privados. É o grupo com menor representatividade, composto unicamente por mulheres, com idade média de 30 anos, que exercem atividades de secretária, administração e serviços gerais. Complementa-se que, como o plano de trabalho não recebe iluminação natural, faz-se necessário o uso da artificial durante todo o período de trabalho. Além disso, expressam maior tolerância ao desconforto térmico.

O cluster C3 caracteriza-se por usuários que nunca abrem as janelas para ventilação natural, porém, possuem o comportamento de operar as persianas. Além disso, estão mais expostos ao sol da manhã, localizados predominantemente próximos às janelas e sob influência da orientação solar leste. O grupo é composto tanto por homens quanto por mulheres, com faixa etária diversificada, sendo a concentração de usuários entre 31 e 40 anos. Especialmente é composto por usuários que exercem atividades na área da saúde e na área de humanas, em que 71% desempenham serviços de atendimento a pacientes ou clientes.

Constituído pelo maior número de usuários, o cluster C4 diferencia-se pela interação dos usuários com os quatro sistemas investigados. O grupo é composto tanto por mulheres quanto por homens de diversas faixas etárias, sendo a média de 32 anos. Além disso, há a predominância de usuários com maior tolerância ao desconforto térmico, e 58% se auto atribuem o perfil econômico com relação ao uso de energia elétrica.

Por fim, o cluster C5 apresenta propensão em usar a ventilação natural, porém não possuem atitudes de manuseio das persianas. Tais usuários estão localizados em ambientes que recebem influência das orientações solares sul e norte, de modo que não percebem a necessidade de fazer uso das persianas. Complementa-se que, consistem em usuários de idade mais avançada, com média de 47 anos, assim como, apresenta a maior concentração dos usuários entrevistados acima de 51 anos.

Diante dos perfis discriminados, foi determinado o comportamento dos clusters no uso de energia, resultando nos padrões de uso. Para isso, foram investigadas as atitudes e os fatores influentes nos grupos por meio da tabela de referência cruzada associada ao teste z, disposta na Figura 52.

A tabela de referência cruzada indicou as frequências absolutas das variáveis para cada cluster, e o teste z evidenciou se há diferença entre os grupos. Assim, os clusters que possuem as mesmas letras não apresentam diferença entre as porcentagens, mas quando as letras são distintas, há distinção entre eles.

Ressalta-se que, os espaços vazios ocorrem em razão dos fatores terem sido analisados separadamente para os grupos que operam e não operam os sistemas, ou, ainda, representa ausência do sistema, no caso do cluster C2.

Vale atentar que, como todos usuários desligam a iluminação e o ar condicionado no momento de saída no fim do dia, foi analisado o comportamento de desligar esses sistemas em períodos de ausência, como em horário de almoço ou quando saem para alguma atividade externa.

Figura 52 - Fatores de influência nas atitudes e no comportamento dos clusters

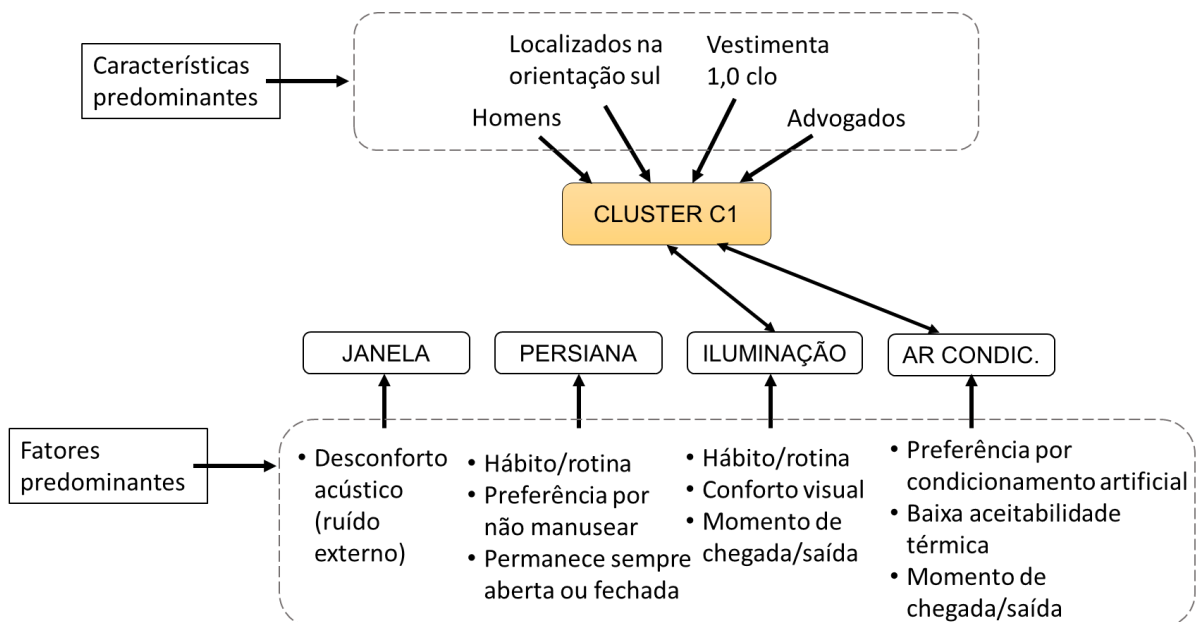
| Fatores | C1 | C2 | C3 | C4 | C5 | |
|--|---|--------------|--------|--------|--------|---------|
| Atitudes Janela | Sempre opera | a | ab | a | 50% b | 44% b |
| | Às vezes opera | a | ab | a | 50% b | 56% b |
| | Nunca opera | 100% a | b | 100% a | b | b |
| | Preferência pela ventilação natural | a | ab | a | 53% b | 63% b |
| | Preferência pelo condicionamento | 57% a | ab | 47% a | 33% b | 12% b |
| | Maior aceitabilidade térmica p/ o calor | a | ab | a | 58% b | 57% b |
| | Baixa aceitabilidade térmica p/ o calor | a | ab | a | 40% b | 43% b |
| | Opera no momento de chegada | a | a | a | 78% b | 69% b |
| | Opera pela qualidade do ar interno | a | a | a | 90% b | 100% b |
| | Opera por hábito e rotina | a | ab | a | 48% bc | 69% c |
| | Fecha por ruído externo | a | ab | a | 78% c | 63% bc |
| | Fecha por ocorrência de chuva | a | a | a | 68% b | 75% b |
| | Não opera por ruído externo | 43% ab | bc | 71% a | c | c |
| | Não opera por causa da vestimenta | 14% a | a | 12% a | a | a |
| | Atitudes Persianas | Sempre opera | a | ab | 65% bc | 70% c |
| Às vezes opera | | a | ab | 35% b | 30% ab | ab |
| Nunca opera | | 100% a | b | b | b | 100% a |
| Opera para controle da ilum. natural | | a | a | 88% b | 80% b | a |
| Opera por hábito e rotina | | a | abc | 35% bc | 43% c | ab |
| Opera para ter vista do exterior | | a | ab | 71% c | 48% bc | a |
| Opera no momento de chegada | | a | a | 29% ab | 63% b | a |
| Opera para ter iluminação natural | | a | ab | 65% bc | 85% c | a |
| Opera por desconforto visual | | a | a | 94% b | 85% b | a |
| Opera por desconforto térmico | | a | ab | 53% bc | 63% c | a |
| Opera no momento de saída | | a | ab | 24% ab | 48% b | a |
| Não opera por hábito | | 52% a | abc | bc | c | 19% ab |
| Não opera por estar distante da janela | | 19% a | ab | ab | b | 13% ab |
| Não opera pois outros operam | | 10% ab | ab | ab | b | 25% a |
| Preferência em não manusear | | 14% a | a | a | a | 13% a |
| Permanece sempre aberta | 43% ab | bc | c | c | 81% a | |
| Permanece sempre fechada | 52% a | abc | bc | c | 19% ab | |
| Atitudes Ilum. Artificial | Sempre opera | 86% a | 100% a | 100% a | 82% a | 93% a |
| | Às vezes opera | 10% a | a | a | 18% a | 7% a |
| | Nunca opera | 5% a | a | a | a | a |
| | Preferência pela iluminação artificial | 29% a | 0% a | 29% a | 20% a | 25% a |
| | Opera por conforto visual | 81% a | 100% a | 88% a | 93% a | 94% a |
| | Opera por hábito e rotina | 43% a | 17% a | 47% a | 50% a | 75% a |
| | Opera por necessidade de alta ilumin. | 24% a | 50% a | 29% a | 23% a | 12% a |
| | Opera no momento de chegada | 76% a | 100% a | 100% a | 78% a | 76% a |
| | Plano de trabalho não é iluminado | 29% a | 100% a | 29% a | 25% a | 19% a |
| | Desliga quando ausente | 43% a | 33% a | 59% a | 73% a | 56% a |
| Aproveitamento da iluminação natural | 10% a | a | a | 33% a | 19% a | |
| Atitudes Ar Condicionado | Sempre opera | 76% ab | 17% b | 94% a | 60% ab | 63% ab |
| | Às vezes opera | 14% a | 50% a | 6% a | 40% a | 31% a |
| | Nunca opera | 10% a | 33% a | a | a | 6% a |
| | Opera por conforto térmico | 100% ab | 67% b | 94% ab | 100% a | 94% ab |
| | Opera por causa da vestimenta | 14% a | a | 6% a | a | a |
| | Opera por necessidade da atividade | 5% a | 17% a | 29% a | 15% a | 12% a |
| | Opera por hábito e rotina | 57% a | 17% a | 59% a | 48% a | 50% a |
| | Opera no momento de chegada | 62% a | 33% ab | 71% a | 23% b | 31% ab |
| | Opera por pouco desconforto térmico | 71% ab | 0% c | 82% b | 38% ac | 44% abc |
| | Opera quando muito desconforto | 14% a | 67% ab | 12% a | 60% b | 50% ab |
| Opera por solicitação de colegas | 38% a | 33% ab | 35% a | 75% b | 62% ab | |
| Opera por atender clientes/pacientes | 48% a | 50% a | 71% a | 60% a | 38% a | |
| Desliga quando ausente | 43% a | 33% a | 59% a | 68% a | 81% a | |

* Clusters com letras iguais não apresentam diferença entre as porcentagens, e clusters com letras diferentes representam distinção entre eles.

Dessa forma, o padrão de uso identificado no cluster C1 utiliza somente o condicionamento artificial e a iluminação artificial. Nota-se que apresentam preferência pelo uso do ar condicionado, no entanto, o ruído externo também é um fator que interfere na limitação do uso da ventilação natural.

Apesar de ser o grupo com a maior resistência térmica na vestimenta, este fator não foi determinante, visto que utilizam continuamente o condicionamento artificial. Além disso, são inativos no manuseio das persianas, as quais permanecem fechadas ou abertas a maior parte de ano, assim, exibem um hábito e uma preferência em não manuseá-las. Quanto à iluminação, acionam predominantemente quando chegam no ambiente e só desligam quando saem no fim do dia, contudo, 43% destes usuários têm atitude de desligar nos períodos de ausência. Da mesma forma, apresentam o comportamento de ligar o ar condicionado no momento de chegada ou quando estão um pouco desconfortáveis. Além disso, pode-se constatar que também usam o condicionamento artificial por um hábito e para atendimento de clientes. Em síntese, a Figura 53 representa as características e os fatores predominantes envolvidos no uso de energia do cluster C1.

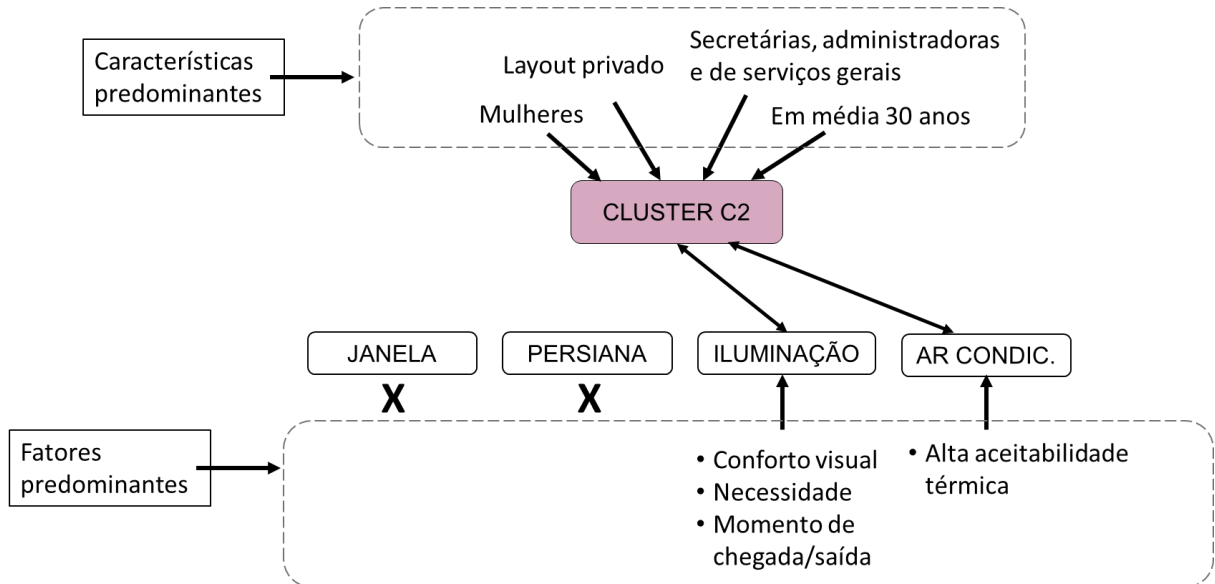
Figura 53 - Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C1



O padrão de uso do cluster C2, esquematizado na Figura 54, é decorrente da ausência de janelas no ambiente que trabalham. Por consequência, possuem a necessidade de utilizar a iluminação artificial durante todo o período de trabalho. Apesar da ausência da ventilação natural, utilizam o condicionamento

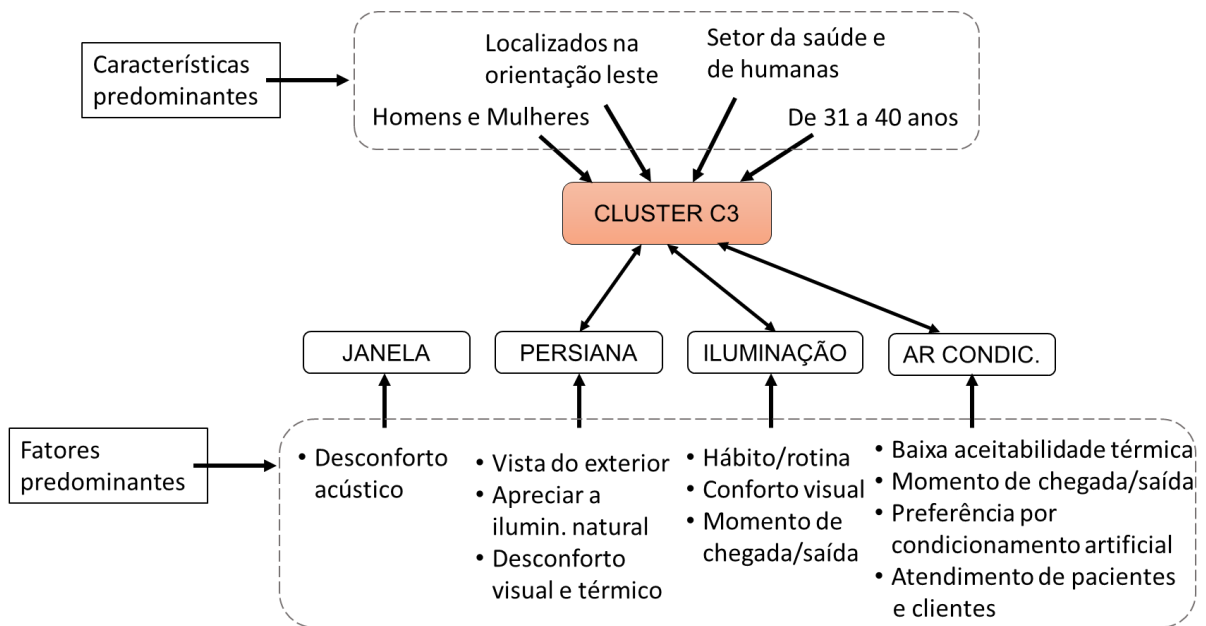
apenas em momentos necessários de muito desconforto, não constituindo uma preferência ao uso constante do ar condicionado.

Figura 54 - Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C2



No cluster 3, é possível observar um padrão de uso que não faz uso da ventilação natural, principalmente devido ao ruído externo, sendo também determinado pela preferência ao condicionamento artificial. No mais, operam as persianas principalmente em caso de desconforto visual, além de manuseá-las com o objetivo de ter visibilidade para o exterior e por apreciarem a iluminação natural. No entanto, mesmo sendo ativos na operação das persianas, não fazem o aproveitamento da iluminação natural mesmo quando em condições satisfatórias de iluminância. A Figura 55 sistematiza a interação do cluster com os sistemas, compreendendo suas características e fatores predominantes.

Figura 55 - Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C3



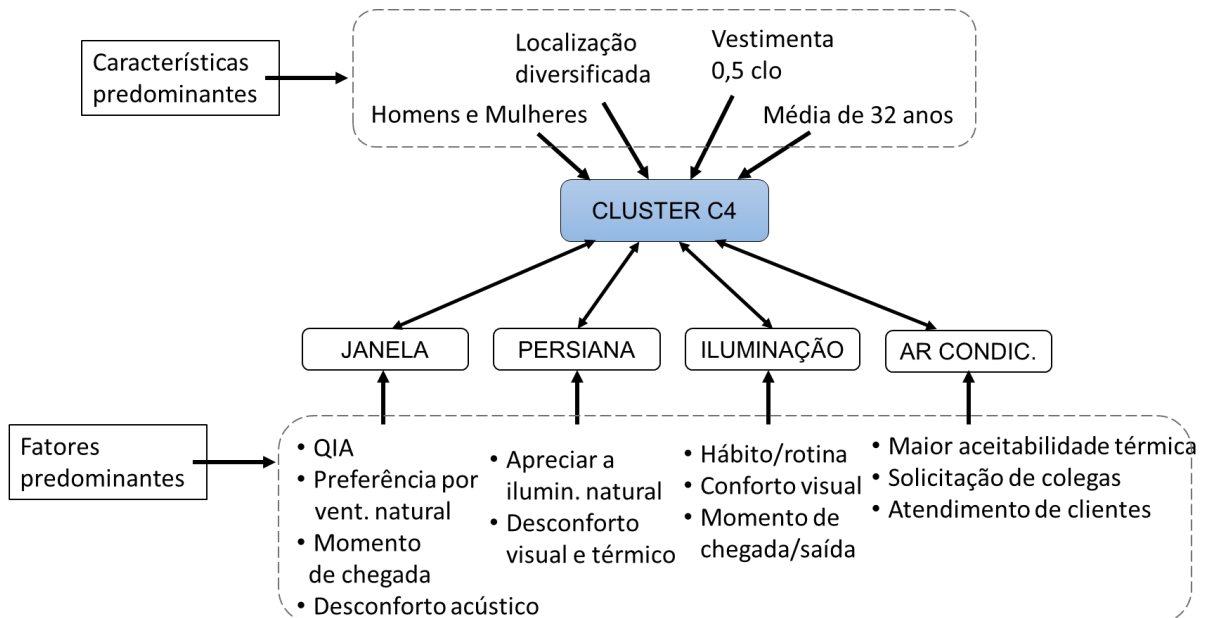
Constituído pelo maior número de usuários, o cluster C4 diferencia-se pela interação nos quatro sistemas investigados. A abertura das janelas é motivada, principalmente, para adquirir uma melhor qualidade do ar interno, com representatividade de 90% dos usuários, dos quais 78% possuem o costume de abri-las no momento de chegada. Ademais, parte do grupo expressa preferência pela ventilação natural, originando um hábito de operar as janelas. No entanto, o ruído externo e o alto desconforto térmico são os principais fatores que os motivam a fecharem as janelas ao longo do dia. Além disso, o fechamento também é motivado quando há intempéries, mas estes fatores são pouco recorrentes.

Quanto às persianas, os usuários abrem frequentemente para usufruir da iluminação natural, em que 63% possuem o comportamento de abrir no momento de chegada e 85% dos usuários fecham ao longo do dia quando sentem desconforto visual em sua maioria causado pelo reflexo na tela do computador. Não apresentam comportamento de fechar as persianas quando saem do local de trabalho, sendo operada novamente apenas no dia seguinte conforme a necessidade. As características e os fatores predominantes no padrão de uso do cluster C4 encontram-se estruturados na Figura 56.

Acrescenta-se que, no cluster C4, 33% dos usuários possuem um comportamento que de fato aproveitam a iluminação natural no ambiente. Apesar de ser pouco numeroso, foi o grupo com maior porcentagem de usuários com essa

atitude. Contudo, os demais 77% usuários possuem o mesmo hábito identificado nos outros grupos: a utilização da iluminação artificial desde o momento de chegada independente da condição da iluminação natural.

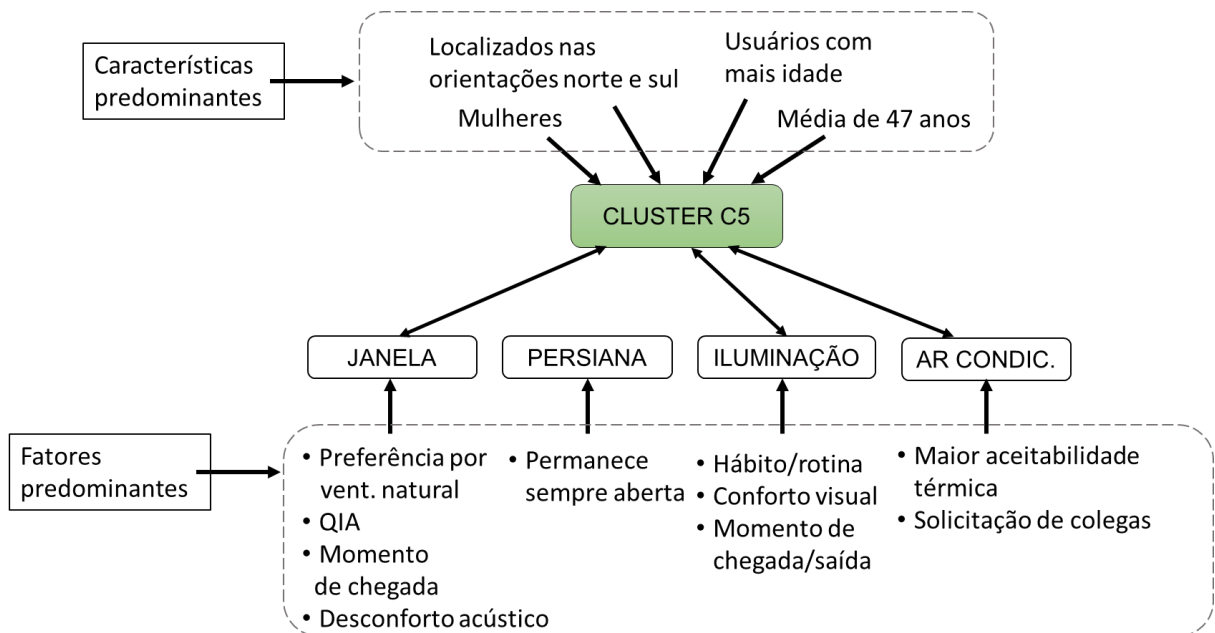
Figura 56 - Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C4



Com relação ao cluster C5, há similaridades quanto ao comportamento na operação das janelas com os usuários do cluster C4, no qual são unânimes em abrir as janelas para obter qualidade do ar interno. No entanto, o C5 dispõe de preferência e uso da ventilação natural mais significativos. Nesse sentido, 69% do grupo possui o comportamento de abertura das janelas no momento de chegada, entretanto, igualmente como nos demais grupos, o desconforto acústico é um fator que prejudica o aproveitamento da ventilação natural. Assim, o condicionamento artificial é usado como intuito de obter conforto, ou quando outros usuários solicitam.

No que diz respeito às persianas, não possuem a atitude de manuseá-las, pois não sentem necessidade de fechá-las e as mantêm abertas permanentemente. Independentemente das aberturas dispõem de uma iluminação natural satisfatória, os usuários utilizam a artificial desde o momento de chegada, sendo este comportamento motivado pelo hábito. Dessa forma, na Figura 57 podem ser observadas as características e fatores envolvidos na interação do cluster C5 com os sistemas.

Figura 57 - Características e fatores predominantes no padrão de uso do cluster C5



Comparando os padrões de uso e os respectivos fatores de influência entre os clusters, verifica-se que determinados fatores são iguais para todos, enquanto que outros são particulares a um grupo específico.

Indiscutivelmente, a iluminação artificial é utilizada por todos os grupos de forma similar e é influenciada pelos mesmos fatores. Embora o cluster C4 apresente usuários com uso da iluminação natural de forma eficiente, ainda são a minoria e não são representativos na amostra. Na literatura, as pesquisas são unânimes em constatar que a iluminação artificial é utilizada com frequência durante toda a ocupação e que não há vínculo com a iluminação natural (YUN; KIM; KIM, 2012; LEITE; GUTIERREZ, 2016; GUNAY et al., 2017).

Contudo, os resultados dos padrões de uso não apresentaram uma preferência dos usuários pelo uso da iluminação artificial, sugere-se que a atitude de uso constante seja um hábito, também influenciado pelo conforto visual para trabalhar.

De forma semelhante, os equipamentos de ar condicionados são utilizados por todos os grupos, contudo, é possível observar diferenças nos fatores de influência e na frequência com que operam o sistema. Os clusters C1 e C3 apresentam uso constante do condicionamento artificial, sendo, na maioria dos casos, utilizado desde o momento de chegada no ambiente. No entanto, os usuários dos clusters C2, C4 e C5, demonstraram maior aceitabilidade térmica, sendo o

condicionamento artificial utilizado em condições de desconforto térmico do próprio usuário ou dos demais colegas. Além disso, os clusters C4 e C5 apresentam uma preferência pela ventilação natural, com isso, costumam abrir as janelas no período da manhã – momento de chegada –, para obter melhor qualidade do ar interno. Porém, como já citado, o desconforto acústico causado pelo ruído externo força-os a adotar o condicionamento artificial.

A interação dos usuários nos sistemas de janelas e ar condicionado apresentaram padrões diferenciados, no entanto, foi observado durante as entrevistas e relatos dos usuários a mesma percepção dos autores Brugnera, Roriz e Chvatal (2013), em que quando o ar condicionado é acionado tende a permanecer ligado até o momento de saída do ambiente.

Para o verão, as pesquisas de Pan et al. (2018), D'Oca et al. (2018) e Sun et al. (2018), identificaram que o padrão comportamental prevaiente utiliza preferencialmente a ventilação natural, no qual as janelas são abertas no momento de chegada e somente fazem uso do ar condicionado quando em desconforto térmico. Enquanto que, Vecchi et al. (2017) identificaram que o uso do condicionamento artificial era constante no período de verão. Apesar de terem sido obtidos resultados comportamentais similares aos das pesquisas citadas a cima, não há um padrão de uso único a ser priorizado. Dessa forma, generalizações podem omitir as atitudes de um grupo de usuários com comportamentos distintos, refletindo em uma estimativa inadequada do consumo real de energia elétrica.

Em relação às persianas, os autores Haldi e Robinson (2010) verificaram que o padrão de uso ocorre com maior frequência no momento de chegada, semelhante ao identificado no cluster C4. Contudo, observa-se que a operação das persianas pelo cluster C3 não ocorreu no momento de chegada. Além disso, foi obtido nos resultados dos clusters C1 e C3 a ausência de interação com as persianas, da mesma forma que Bavaresco e Ghisi (2018) identificaram, porém, os referidos autores separaram os grupos dos usuários com persianas abertas constantemente dos que permanecem com a persiana fechada.

Deste modo, compreende-se que os padrões de uso para os sistemas de iluminação artificial são os mais previsíveis. Enquanto que os padrões de uso para persianas, janelas e ar condicionado, não se diferenciam somente quanto aos fatores externos que os usuários estão submetidos, posto que, foram identificados padrões distintos em usuários que ocupam o mesmo ambiente.

Diante dos padrões identificados na pesquisa e da relação dos usuários com os fatores que o envolvem, compreende-se ser viável encontrar padrões de uso e identificar usuários com atitudes homogêneas dentro do mesmo grupo, e com atitudes heterogêneas em diferentes grupos.

4.3 DEFINIÇÃO DOS FATORES INFLUENTES NO CONSUMO DE ENERGIA

A pesquisa explorou todas as categorias de fatores elencadas por Hong et al. (2015a) como influentes no uso de energia pelo comportamento dos usuários. Ademais, todos os fatores especificados na literatura como possíveis influentes foram apurados. Contudo, na análise dos padrões de uso encontrados, os fatores investigados foram apenas os mais relevantes na identificação dos grupos, relacionados às atitudes dos usuários. Dessa forma, além destes, foi investigado também se os demais fatores apresentam ou não diferenças entre os clusters.

No todo, foi constatado que 35 fatores proporcionaram influência semelhantes entre os grupos, enquanto que 37 fatores os influenciaram de modo diferente, ou seja, diante de um mesmo fator tiveram diferença entre os padrões de uso.

As variáveis que resultaram em um p-valor menor que 0,05 indicaram diferenças estatisticamente significativas, demonstrando, assim, associação com os padrões de uso. A Tabela 15 sintetiza os fatores que se diferenciaram entre os grupos, bem como o valor do teste estatístico.

Complementa-se que, os fatores relacionados às atitudes dos usuários são significativos, com exceção das atitudes relacionadas a operação do sistema de iluminação artificial³, e estes foram analisados no item 4.2 juntamente com os padrões de uso.

³ Referente aos fatores das atitudes na operação da iluminação artificial, somente a condição de ausência de iluminação natural no plano de trabalho se mostrou influente.

Tabela 15 - Fatores que apresentaram diferença entre os padrões de uso

| Categoria | Subcategoria | Fatores | Qui-quad. | p-valor |
|-------------------|------------------------------------|--------------------------------------|-----------|---------|
| ESCRITÓRIO | Característica | Área útil da sala | 15,316* | 0,004 |
| | | Consumo médio mensal | 15,198* | 0,004 |
| | | Orientação solar da fachada | 56,379** | 0,001 |
| COND. AMB. | Condição interna | Iluminância no plano de trabalho | 10,408* | 0,34 |
| SISTEMA | Janela | Existência do sistema | 100** | < 0,001 |
| | | Estado | 121,299** | < 0,001 |
| | Elementos internos de sombreamento | Existência do sistema | 66,728** | < 0,001 |
| | | Estado | 72,186** | < 0,001 |
| | | Cor | 87,215** | < 0,001 |
| | Iluminação | Material | 77,036** | < 0,001 |
| | | Estado | 15,754** | 0,046 |
| | Ar condicionado | Divisão de circuitos | 21,838** | < 0,001 |
| | | Existência do sistema | 20,676** | < 0,001 |
| | | Estado | 27,933** | < 0,001 |
| | | Tipo do ar condicionado | 32,929** | 0,001 |
| USUÁRIO | Localização | Tipo de operação | 22,712** | 0,004 |
| | | Local. em relação a orientação solar | 106,931** | < 0,001 |
| | Atributos | Proximidade com a janela | 107,621** | < 0,001 |
| | | Gênero | 11,364** | 0,023 |
| | | Faixa etária (idade) | 17,079* | 0,002 |
| Estado | Vestimenta | 34,083** | 0,005 | |

*Valores obtidos no teste de Kruskal-Wallis.

**Valores obtidos no teste Qui-quadrado.

O valor do qui-quadrado mais alto foi relacionado a localização dos usuários, no qual indica maior intervenção nos grupos de padrões de uso. Tal dado revela a importância de estabelecer o plano de trabalho de modo ao usuário aderir as atitudes mais eficientes. Como a distância dos usuários com as aberturas não interferiram na interação com os sistemas, considera-se ser conveniente posicioná-los, em projeto, não tão próximos das janelas para, assim, minimizar o desconforto térmico e lumínico.

Semelhantemente, a estatística comprovou a significância da orientação solar das salas, no qual foi possível identificar que grupos de usuários localizados sob influência das orientações solares norte e sul foram mais suscetíveis a adotar a ventilação natural, bem como dispor de maior quantidade iluminação natural no ambiente sem ofuscamento.

A iluminância adequada no plano de trabalho também se mostrou relevante, sendo importante uma divisão de circuitos no qual cada usuário possa controlar a iluminação do seu plano de trabalho conforme sua necessidade individual e a presença da iluminação natural. Além disso, tendo em vista que os usuários

utilizam a iluminação artificial constantemente, a presença de sensores nas luminárias para controle da iluminância conforme a intensidade da iluminação natural, seria uma alternativa para um uso eficiente.

A presença de janelas, persianas e ar condicionado no ambiente foram altamente significativos, uma vez que sua presença propicia as ações dos usuários. As propriedades da persiana e ar condicionado também foram relevantes, contudo, não foi possível identificar entre os grupos características diferentes para relacionar ao comportamento.

Com relação ao estado dos sistemas, estes se diferenciaram, no qual foi possível verificar nos padrões de uso estabelecidos do item 4.2, grupos que interagem e outros que não interagem perante um mesmo sistema.

Desse modo, pode-se averiguar que os fatores especificados nesse item são importantes para se considerar na fase de desenvolvimento do projeto da edificação, pois refletem diferentemente no uso de energia pelos usuários, como exemplo, intervindo e definindo a localização do plano de trabalho dos usuários, as fachadas que estarão suscetíveis e distanciamento para com as aberturas. No entanto, em relação aos atributos dos usuários, apesar de serem significativos, não é possível de prever e controlar.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa contribuiu com a investigação da diversidade de fatores influentes e os padrões comportamentais dos usuários em relação ao uso de energia em um edifício comercial localizado em clima subtropical e no período de verão.

As previsões de consumo de energia não costumam abranger todos os aspectos comportamentais dos usuários, sendo ineficientes ao considerar apenas um tipo de padrão de uso. Foi verificado, mediante a literatura, 72 diferentes fatores que influenciam as atitudes dos usuários, no qual a pesquisa de campo permitiu comprovar que um mesmo fator repercute em ações distintas na interação dos usuários com os sistemas de janela, elementos internos de sombreamento, iluminação artificial e ar condicionado.

Diante da grande heterogeneidade comportamental, por meio da mineração de dados, foram constatados cinco perfis predominantes no uso da energia, no qual todos apresentaram operações semelhantes no sistema de iluminação artificial, porém distintas quanto a operação das janelas, persianas e ar condicionado. Além disso, foi possível extrair que nos cinco grupos os usuários são ativos nos sistemas artificiais, por outro lado, nem todos interagem com as janelas e persianas, obtendo, assim, os seguintes padrões de uso:

- Cluster 1: Usuários que interagem apenas com a iluminação artificial e ar condicionado, mesmo com a presença de janelas e persianas, e fazem uso constante do condicionamento artificial, composto por 21% dos casos;
- Cluster 2: Usuários em ambientes com ausência de janelas, assim, operam a iluminação artificial e o ar condicionado, contudo, não fazem uso constante do condicionamento artificial, composto por 6% dos casos;
- Cluster 3: Usuários com interação nas persianas, iluminação artificial e ar condicionado. Apreciam a iluminação natural, porém, não há aproveitamento da iluminância, e usam constantemente o condicionamento artificial, composto por 17% dos casos;
- Cluster 4: Usuários que interagem com os quatro sistemas investigados, possuem preferência pela ventilação natural, e

alguns usuários deste grupo apresentaram aproveitamento da iluminação natural, composto por 40% dos casos;

- Cluster 5: Usuários que interagem com as janelas, iluminação natural e ar condicionado. As persianas permanecem sempre abertas, e apresentam preferência pela ventilação natural, composto por 16% dos casos.

Avaliando a influência dos fatores nos padrões de uso, foi identificado que o ruído externo e a alta radiação solar no interior dos ambientes são os principais motivos que impedem os usuários de utilizarem a ventilação natural. Esta diretriz é seguida em maior intensidade pelos usuários próximos a fachada leste, visto que tendem a permanecer com as persianas abaixadas e ar condicionado ligado deste o momento de chegada no início da manhã. Além disso, 39% dos usuários demonstraram preferência pessoal em utilizar o condicionamento artificial, mesmo em condições térmicas e acústicas favoráveis, o que corrobora que o desconforto térmico não é motivo isolado.

Deste modo, os principais fatores observados que diferem os grupos foram: a localização do usuário no ambiente; o hábito; a preferência por ventilação natural ou condicionamento artificial; nível de aceitabilidade térmica; atitudes de desligar a iluminação e ar condicionado quando ausentes por um período. Acrescenta-se que os usuários sob as orientações norte e sul (fachadas de menor incidência solar direta no período analisado) foram mais propensos ao uso da ventilação natural.

As características do edifício com amplas aberturas e ausência de sombreamento, posicionado em avenida ruidosa e a constante proximidade dos usuários com as janelas, propiciaram as atitudes constatadas na pesquisa. As salas com orientação leste obtiveram o maior nível de pressão sonora instantâneo médio com as janelas abertas, sendo de 59,06 dB, porém, quando fechadas, constatou-se uma redução aproximada de 15 dB.

Além disso, embora a envoltória disponha de vidros com baixo fator solar (0,26), o elevado percentual de vidros na fachada leste favoreceu o aumento de 20% na frequência de uso do ar condicionado devido ao significativo ganho de calor logo no início da manhã. Neste panorama, alcançam destaque outras medidas de eficiência energética direcionadas à redução do consumo no ambiente, como proteções solares externas ou redução da área de vidro nesta orientação solar.

Os principais fatores identificados entre os padrões de uso que influenciaram as ações dos usuários foram o ruído, ofuscamento, carga de calor, localização, hábitos e preferências pessoais. Enquanto que 30% dos usuários possuem o hábito de abrir as janelas, esse valor aumenta para 53% de usuários com hábito de operar o ar condicionado. Neste sentido, além das propriedades termofísicas do edifício, as características das salas, condições ambientais, e especificação dos sistemas, devem ser levados em consideração o comportamento do usuário por influírem nas diferentes tomadas de decisão decorrentes dos hábitos e preferências individuais.

Verificou-se que o fato de 83% dos usuários acionarem a iluminação artificial e 41% ligarem o ar condicionado no momento de chegada constitui um hábito, assim como a predisposição para não ajustarem os sistemas ao longo do dia, mesmo que, o período da manhã, seja um momento propício para utilizar a iluminação e ventilação natural devido às agradáveis condições climáticas. Complementa-se que das salas comerciais analisadas, 72% não dispunham de acionamento separado para as luminárias próximas às janelas. Portanto, proporcionar condições favoráveis de trabalho que instiguem os usuários a adotar atitudes eficientes, principalmente nos períodos mais propícios, mostra-se relevante.

Ademais, os usuários apresentaram dificuldade em avaliar seu próprio uso de energia, o que intensifica a relevância de adotar-se uma estratégia benéfica pautada na promoção por soluções em projeto que contribuam com as previsões das ações dos usuários e os incentivem e os direcionem a adotar intuitivamente o uso dos recursos naturais.

Com relação as salas comerciais analisadas, é relevante enfatizar que também apresentam heterogeneidade. A ocupação foi um dos fatores com maior variação nas salas, compreendendo entre 5,88 a 55,20 m²/usuário, sendo que o referido dado reflete consideravelmente no consumo de energia.

Por fim, a padronização das ações dos usuários mediante um único padrão de uso, como estabelecido pelo regulamento INI-C para as simulações termoenergéticas, não abrange a heterogeneidade existente na ocupação e na operação dos sistemas, surge, como aspecto contributivo da pesquisa, o reconhecimento de cinco padrões homogêneos determinados perante a diversidade comportamental em um edifício comercial, bem como a determinação dos fatores mais

atuantes nestes padrões. Desta forma, evidencia-se a viabilidade em estabelecer modelos de padrões de uso tangíveis com a realidade nos edifícios comerciais.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão para futuros trabalhos recomenda-se:

- Expandir as análises do comportamento do usuário relacionado à energia com padrões de uso em diferentes climas do Brasil;
- Complementar a pesquisa com monitoramento das ações dos usuários por meio de medições realizadas com sensores;
- Realizar simulações termoenergéticas que integrem simultaneamente os cinco padrões de uso identificados;
- Desenvolver estratégias de eficiência energética que induzam os usuários a adotarem atitudes comportamentais benéficas ao desempenho energético.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10152**: Acústica — Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15215**: Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.

AZAR, Elie; MENASSA, Carol. Agent-Based Modeling of Occupants and Their Impact on Energy Use in Commercial Buildings. **Journal of Computing in Civil Engineering**, v. 26, p. 506-518, 2012.

BARTON, Belinda; PEAT, Jennifer. **Medical Statistics**: A guide to SPSS, data analysis and critical appraisal. 2 ed. John Wiley & Sons, 2014.

BAVARESCO, Mateus Vinícius; GHISI, Enedir. Influence of user interaction with internal blinds on the energy efficiency of office buildings. **Energy and Buildings**, v. 166, p. 538-549, mai. 2018.

BORGESON, Sam; BRAGER, Gail. Occupant control of windows: accounting for human behavior in building simulation. Center for the Built Environment, Internal Report. UC Berkeley, out. 2008.

BORGSTEIN, E. H; LAMBERTS, R.; HENSEN, J. L. M. Mapping failures in energy and environmental performance of buildings. **Energy and Buildings**, v. 158, p. 479-485, jan. 2018.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional De Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº 299, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C)**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. **Pretendida Contribuição Nacionalmente Determinada**: para consecução do objetivo da Convenção-quadro das nações unidas sobre mudança do clima. p. 6, 2015. Disponível em: http://www.itamaraty.gov.br/images/ed_desenvsust/BRASIL-iNDC-portugues.pdf. Acesso em julho de 2019.

BRASIL. Decreto nº 9.073, de 5 de junho de 2016. Promulga o Acordo de Paris sob a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, celebrado em Paris, em 12 de dezembro de 2015, e firmado em Nova Iorque, em 22 de abril de 2016. **Diário Oficial da União**. Brasília, D.F., p. 14, 2017. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/decreto/D9073.htm. Acesso em julho de 2019.

BRUGNERA, Rosilene R.; RORIZ, Victor F.; CHVATAL, Karin Maria S. Temperaturas de acionamento de condicionadores de ar e ventiladores. *In*: Encontro Latinoamericano de Conforto no Ambiente Construído - ENLACAC, 2013, Brasília. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2013.

CARLO, Joyce C.; LAMBERTS, Roberto. Parâmetros e métodos adotados no regulamento de etiquetagem da eficiência energética de edifícios – Parte 01: método prescritivo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.10, n. 2, p. 7-26, abr./jun. 2010.

CHEN, Zhenghua; XU, Jinming; SOH, Yeng Chai. Modeling regular occupancy in commercial buildings using stochastic models. **Energy and Buildings**, v.103, p.216-223, set. 2015.

CORBELLA, Oscar; CÖRNER, Viviane N. **Manual de Arquitetura bioclimática**. Rio de Janeiro: Revan, 2011.

DESTRO, Chiara Mariele Gurgacz. **Análise do desempenho térmico das unidades básicas de saúde do município de São Bento do Sul**: aplicação da nova proposta brasileira de etiquetagem de

edificações para a envoltória. 2019. 185 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, Joinville, 2019.

DELZENDEH, Elham; WU, Song; LEE, Angela; ZHOU, Ying. The impact of occupants' behaviours on building energy analysis: A research review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.80, p.1061-1071, dez. 2017.

D'OCA, Simona; HONG, Tianzhen. A data-mining approach to **Building and Environment**, v.82, p.726-739, dez. 2014.

D'OCA, Simona; HONG, Tianzhen. Occupancy schedules learning process through a data mining framework. **Energy and Buildings**, v.88, p.395-408, fev. 2015.

D'OCA, Simona; PISELLO, Anna Laura; Simone, Marilena De; BARTHELMES, Verena M.; HONG, Tianzhen; CORGNATI, Stefano P. Human-building interaction at work: Findings from an interdisciplinary cross-country survey in Italy. **Building and Environment**, v.132, p.147-159, mar. 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Plano Nacional de Energia 2050**: estudos da demanda de energia. Colaboração Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2016. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Plano-Nacional-de-Energia-2050>. Acesso em julho de 2018.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2019**: Relatório Síntese Ano Base 2018. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, p. 66, 2019a. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2019>. Acesso em julho de 2019.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **1ª Revisão Quadrimestral das Projeções da demanda de energia elétrica do Sistema Interligado Nacional 2018-2022**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, p. 33, 2019b. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/revisoes-quadrimestrais-da-carga>. Acesso em julho de 2019.

FABI, Valentina; CORGNATI, Stefano P.; ANDERSEN, Rune V; FILIPPI, Marco; OLESEN, Bjarne W. Effect of occupant behaviour related influencing factors on final energy end uses in buildings. In: Proceedings of Climamed11 Conference, Madrid, 2e3 Junho, 2011.

FABI, Valentina; ANDERSEN, Rune V; CORGNATI, Stefano PFILIPPI, Marco; OLESEN, Bjarne W. Occupants' window opening behaviour: A literature review of factors influencing occupant behaviour and models. **Building and Environment**, v.58, p.188-198, dez. 2012.

FARIA, João R. Gomes de; INSKAVA, Aline Yurika; PLANITZER, Sven Thomas. Lighting preferences in individual offices. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.17, n.1, p.39-53, jan./mar. 2017.

FENG, Xiaohang; YAN, Da; HONG, Tianzhen. Simulation of occupancy in buildings. **Energy and Buildings**, v.87, P.348-359, jan. 2015.

FENG, Xiaohang; YAN, Da; WANG, Chuang; SUN, Hongsan. A preliminary research on the derivation of typical occupant behaviorbased on large-scale questionnaire surveys. **Energy and Buildings**, v.117, p.332-340, abr. 2016.

FIELD, Andy. **Descobrimdo a estatística usando o SPSS**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOSSATI, Michele; SCALCO, Veridiana A.; LINCZUK, Vinícius Cesar C.; LAMBERTS, Roberto. Building energy efficiency: An overview of the Brazilian residential labeling scheme. **Renewable and Sustainable Energy**, v. 65, p.1216–1231, 2016.

GAETANI, Isabella; HOES, Pieter-Jan; HENSEN, Jan L.M. Occupant behavior in building energy simulation: Towards afit-for-purpose modeling strategy. **Energy and Buildings**, v.121, p. 188-204, jun. 2016.

GIVONI, Baruch. Comfort, climate analysis and building design guidelines. **Energy and Buildings**, vol.18, p.11-23, jul. 1992.

GUNAY, H. Burak; O'BRIEN, William; MORRISON, Ian Beausoleil. A critical review of observation studies, modeling, and simulation of adaptive occupant behaviors in offices. **Building and Environment**, v.70, p.31-47, dez. 2013.

HACKBARTH NETO, Arthur Alexandre; STEIN, Carlos Efrain. Uma abordagem dos testes não-paramétricos com utilização do excel. Instituto de Matemática e Estatística UFRGS, 2003.

HALDI, Frédéric; ROBINSON, Darren. On the behaviour and adaptation of office occupants. **Building and Environment**, v.43, p.2163-2177, jan. 2008.

HALDI, Frédéric; ROBINSON, Darren. Adaptive actions on shading devices in response to local visual stimuli. **Journal of Building Performance Simulation**, v.3, p.135-153, abr. 2010.

HALDI, Frédéric. A probabilistic model to predict building occupants' diversity towards their interactions with the building envelope. *In: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28, 2013.*

HAN, Jiawei; KAMBER, Micheline; PEI, Jian. **Data Mining Concepts and Techniques**. 3 ed. Waltham: Elsevier, 2012.

HERKEL, Sebastian; KNAPP, Ulla; PFAFFEROTT, Jens. Towards a model of user behaviour regarding the manual control of windows in office buildings. **Building and Environment**, v.43, p.588-600, abr. 2008.

HOES, P.; HENSEN, J.L.M.; LOOMANS, M.G.L.C.; VRIES B.; BOURGEOIS, D. User behavior in whole building simulation. **Energy and Buildings**, v. 41, p. 295-302, mar. 2009.

HONG, Tianzhen. LIN, Hung-Wen. Occupant Behavior: Impact on Energy Use of Private Offices. *In: Proceedings of Asim IBSPA Asia conference; 2013.*

HONG, Tianzhen; D'OCA, Simona; TUNER, William J.N.; TAYLOR-LANGE, Sarah C. An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings. Part I: Introduction to the DNAs framework. **Building and Environment**, v.92, p.764-777, out. 2015a.

HONG, Tianzhen; D'OCA, Simona; TAYLOR-LANGE, Sarah C.; TUNER, William J.N.; CHEN, Yixing; CORGNATI, Stefano P. An ontology to represent energy-related occupant behavior in buildings. Part II: Implementation of the DNAs framework using an XML schema. **Building and Environment**, v.94, p. 196-205, dez. 2015b.

HONG, Tianzhen; TAYLOR-LANGE, Sarah C.; D'OCA, Simona; YAN, Da; CORGNATI, Stefano P. Advances in research and applications of energy-related occupant behavior in buildings. **Energy and Buildings**, v. 116, p. 694-702, mar. 2016.

HONG, Tianzhen; YAN, Da; D'OCA, Simona; CHEN, Chien-fei. Ten questions concerning occupant behavior in buildings: The big picture. . **Building and Environment**, v.114, p.518-530, mar. 2017.

IBM, International Business Machines Corporation. **SPSS 20**. 2011.

INMETRO, Instituto Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial. Portaria n.º 50, de 01 de fevereiro de 2013. Requisitos de avaliação da conformidade para eficiência energética de edificações. Anexo Geral V: Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros. **Diário Oficial da União**, 2013.

INMETRO, Instituto Nacional De Metrologia, Normalização E Qualidade Industrial. Portaria n.º 248, de 10 de julho de 2018. Consulta Pública: Aperfeiçoamento do Regulamento Técnico da Qualidade para a Classe de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos. **Diário Oficial da União**, 2018.

International Organization for Standardization – ISO. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Switzerland, 2005.

International Organization for Standardization – ISO. **ISO 9920**: Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. Switzerland, 2007.

JANDA, Kathryn B. Buildings Don't Use Energy: People Do. *Architectural Science Review*, v.54, p.15-22, jun. 2011.

JIA, Mengda; SRINIVASANA, Ravi S.; RAHEEMB, Adeeba A. From occupancy to occupant behavior: An analytical survey of data acquisition technologies, modeling methodologies and simulation coupling mechanisms for building energy efficiency. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.68, p.525-540, fev. 2017.

KARJALAINEN, Sami. **The characteristics of usable room temperature control**. 2007. 133 p. Tese (Doutorado em Ciência da Tecnologia) – Helsinki University of Technology, Espoo, Finlândia, 2007.

KARJALAINEN, Sami. Should we design buildings that are less sensitive to occupant behaviour? A simulation study of effects of behavior and design on office energy consumption. **Energy Efficiency**, v.9, p.1257-1270, dez. 2016.

KUMAR, Vipin; STEINBACH, Michael; TAN, Pang-Ning. **Introdução ao Data Mining - Mineração De Dados**. 1 ed. Ciência Moderna, 2009.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. 3.ed. Florianópolis, 2014.

LANGEVIN, Jared; GURIAN, Patrick; WEN, Jin. Tracking the human-building interaction: A longitudinal field study of occupant behavior in air-conditioned offices. **Journal of Environmental Psychology**, v.42, p.94-115, jun. 2015.

LANGEVIN, Jared; WEN, Jin; GURIAN, Patrick. Simulating the human-building interaction: Development and validation of an agent-based model of office occupant behaviors. **Building and Environment**, v.88, p.27-45, jun. 2015.

LEITE, Larissa R.; GUTIERREZ, Grace C. R. Estudo do Sistema de Iluminação e do Usuário, em Edificação após Procedimento de Etiquetagem. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16, 2016, São Paulo. **Anais [...]**. Porto Alegre: ANTAC, 2016. p. 1107-1119.

LI, Nan; LI, Juncheng; FAN, Ruijuan; JIA, Hongyuan. Probability of occupant operation of windows during transition. **Renewable Energy**, v.73, p.84-91, jan. 2015.

LOPES, Alice C. P.; OLIVEIRA F., Dely; ALTOE, Leandra; CARLO, Joyce Correna; LIMA, Bruna B. Energy efficiency labeling program for buildings in Brazil compared to the United States' and Portugal's. **Renewable and Sustainable Energy**, v. 66, p. 207–219, 2016.

MAHDAVI, Ardeshir; TAHMASEBI, Farhang. Predicting people's presence in buildings: An empirically based model performance analysis. **Energy and Buildings**, v.86, p.349-355, jan. 2015.

MARKOVIC, Romana; GRINTAL, Eva; WÖLKI, Daniel; FRISCH, Jérôme; TREECK, Christoph van. Window opening model using deep learning methods. **Building and Environment**, v.145, p.319-329, nov. 2018.

MEERBEEK, Bernt; KULVE, Marije te; GRITTI, Tommaso; AARTS, Mariëlle. Building automation and perceived control: A field study on motorized exterior blinds in Dutch offices. **Building and Environment**, v.79, p.66-77, set. 2014.

MME, Ministério de Minas e Energia. **SIE Brasil: Sistema de Informações Energéticas**. Brasília, 2016. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/SIEBRASIL/>. Acesso em julho de 2019.

NICOL J.F.; HUMPHREYS M.A. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v.34, p.563-572, jul. 2002.

O'BRIEN, William; GUNAY, H. Burak. The contextual factors contributing to occupants' adaptive comfort behaviors in offices e A review and proposed modeling framework. **Building and Environment**, v.77, p.77-87, jul. 2014.

O'BRIEN, William; GUNAY, H. Burak; TAHMASEBI, Farhang; MAHDAVI, Ardeshir. A preliminary study of representing the interoccupant diversity in occupant modelling. **Journal of Building Performance Simulation**, v.10, p.509-526, 2017.

PAN, Song; XIONG, Ying; HAN, Yiye; ZHANG, Xingxing; XIA, Liang; WEI, Shen; WU, Jinshun; HAN, Mengjie. A study on influential factors of occupant window-opening behavior in an office building in China. **Building and Environment**, v.133, p.41-50, abr. 2018.

PISELLO, Anna Laura; CASTOLDO, Veronica Lucia; PISELLI, Cristina; FABIANI, Claudia; COTANA, Franco. How peers' personal attitudes affect indoor microclimate and energy need in an institutional building: Results from a continuous monitoring campaign in summer and winter conditions. **Energy and Buildings**, v.126, p.485-497, ago. 2016.

RIJAL, H.B.; TUOHY, P.; HUMPHREYS, M.A.; NICOL, J.F.; SAMUEL, A.; CLARKE, J. Using results from field surveys to predict the effect of open windows on thermal comfort and energy use in buildings. **Energy and Buildings**, v.39, p.823-836, jul. 2007.

ROETZEL, Astrid; TSANGRASSOULIS, Aris; DIETRICH, Udo. Impact of building design and occupancy on office comfort and energy performance in different climates. **Building and Environment**, v.71, p.165-175, jan. 2014.

RORIZ, R. Classificação de climas do Brasil – versão 3.0. ANTAC: Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Grupo de Trabalho sobre Conforto Ambiental e Eficiência Energética de Edificações. São Carlos, SP. Março de 2014.

ROUSSEEUW, Peter J. Silhouettes: a graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. **Journal of Computational and Applied Mathematics**, v.20, p.53-65, 1987.

RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Potencial de economia de energia elétrica através do uso da luz natural e da ventilação híbrida em edifícios comerciais em Florianópolis. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.13, n.4, p.75-86, out./dez. 2013.

RUPP, Ricardo Forgiarini; VÁSQUEZ, Natalia Giraldo; LAMBERTS, Roberto. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy and Buildings**, v.15, p.178-205, out. 2015.

SANTESSO, Caroline A.; CHVATAL, Karin M. S. Consumo energético de salas de escritório climatizadas de modo misto em São Paulo: considerações sobre o projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.18, n.4, p.119-137, out./dez. 2018.

SILVA, Pedro Correia; LEAL, Vítor; ANDERSEN, Marielyne. Occupants interaction with electric lighting and shading systems in real single-occupied offices: Results from a monitoring campaign. **Building and Environment**, v.64, p.152-168, jun. 2013.

SIMEPAR. **Sistema Meteorológico do Paraná**. Disponível em: <http://www.simepar.br/>. Acesso em outubro de 2019.

STAZI, Francesca; NASPI, Federica; D'ORAZIO, Marco. A literature review on driving factors and contextual events influencing occupants' behaviours in buildings. **Building and Environment**, v.118, p.40-66, jun. 2017.

SCHAKIB-EKBATAN, Karin; ÇAKICI, Fatma Zehra; SCHWEIKER, Marcel; WAGNER, Andreas. Does the occupant behavior match the energy concept of the building? - Analysis of a German naturally ventilated office building. **Building and Environment**, v.84, p.142-150, jan. 2015.

SORGATO, Marcio José. **A influência do comportamento do usuário no desempenho térmico e energético de edificações residenciais**. 2015. 260 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

SUN, Kaiyu; HONG, Tianzhen. A simulation approach to estimate energy savings potential of occupant behavior measures. **Energy and Buildings**, v.136, p.43-62, fev. 2017.

SUN, Cheng; ZHANG, Ran; SHARPLES, Steve; HAN, Yunsong; ZHANG, Houngrui. A longitudinal study of summertime occupant behavior and thermal comfort in office buildings in northern China. **Building and Environment**, v.143, p.404-420, out. 2018.

SUN, Cheng; ZHANG, Ran; SHARPLES, Steve; HAN, Yunsong; ZHANG, Hongrui. Thermal comfort, occupant control behaviour and performance gap – A study of office buildings in north-east China using data mining. **Building and Environment**, v.149, p.305-321, fev. 2019.

VECCHI, Renata De. Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido. 2015. 237p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

VECCHI, R.; CANDIDO, C.; DEAR, R.; LAMBERTS, R. Thermal comfort in office buildings: Findings from a field study in mixed-mode and fully-air conditioning environments under humid subtropical conditions. **Energy and Buildings**, v. 123, p. 672-683, out. 2017.

WANG, Liping; GREENBERG, Steve. Window operation and impacts on building energy consumption. **Energy and Buildings**, v.92, p.313-321, abr. 2015.

WILDE, Pieter de. The gap between predicted and measured energy performance of buildings: A framework for investigation. **Automation in Construction**, v.41, p.40-49, mai. 2014.

WITTEN, Ian H.; FRANK, Eibe. *Data Mining Practical Machine Learning Tools and Techniques*. 2 ed. São Francisco: Elsevier, 2005.

WOLF, Sebastian; WÖLKI, Daniel; ROBINSON, Darren; TREECK, Christoph van. Evaluation and re-training of two window opening models using an independent dataset. Conference Paper, jul. 2017.

WYMELENBERG, Kevin Van Den. Patterns of occupant interaction with window blinds: A literature review. **Energy and Buildings**, v.51, p.165-176, ago. 2012.

YAN, Da; O'BRIEN, William; HONG, Tianzhen; FENG, Xiaohang; GUNAY, H. Burak; TAHMASEBI, Farhang; MAHDAVI, Ardeshir. Occupant behavior modeling for building performance simulation: Current state and future challenges. **Energy and Buildings**, v.107, p.264-278, nov. 2015.

YUN, Geun Young; KIM, Hyoin; KIM, Jeong Tai. Effects of occupancy and lighting use patterns on lighting energy consumption. **Energy and Buildings**, v.46, p.152-158, mar. 2012.

ZHANG, Yufan; BARRETT, Peter. Factors influencing the occupants' window opening behaviour in a naturally ventilated office building. **Building and Environment**, v.50, p.125-134, abr. 2012.

ZHANG, Yufan; BARRETT, Peter. Factors influencing occupants' blind-control behaviour in a naturally ventilated office building. **Building and Environment**, v.54, p.137-147, ago. 2012.

ZHANG, Yan; BAI, Xuemei; MILLS, Franklin P.; PEZZEY, John C.V. Rethinking the role of occupant behavior in building energy performance: A review. **Energy and Buildings**, v.172, p.279-294, ago. 2018.

ZHOU, Xin; LIU, Tiance; SHI, Xing; JIN, Xing. Case study of window operating behavior patterns in an open-plan office in the summer. **Energy and Buildings**, v.165, p.15-24, abr. 2018.

APÊNDICE

APÊNDICE A
Formulário aplicado nas entrevistas

FORMULÁRIO PARA COLETA DE DADOS

→ DRIVER TEMPO

Data: _____

- Hora:** Começo da manhã (8:00 às 9:40) Começo da tarde (14:00 às 15:40)
 Meio da manhã (9:40 às 11:20) Meio da tarde (15:40 às 17:20)
 Fim da manhã (11:20 às 12:00) Fim da tarde (17:20 às 18:00)

Dia da semana:

- Segunda Terça Quarta Quinta Sexta Sábado Domingo

→ DRIVER ESPAÇO

Nº da sala _____

Natureza da atividade realizada _____

Número de pessoas no ambiente de trabalho _____

Área útil da sala _____ m²

Orientação solar da sala: Norte: Sim Não

Sul: Sim Não

Leste: Sim Não

Oeste: Sim Não

Possui servidor (CPD)? Sim Não

Possui algum equipamento específico (atípico) com demanda de energia? Sim Não

Outro _____

Observação _____

→ DRIVER SISTEMA

PROPRIEDADES E ESTADO DOS SISTEMAS

Janelas

Apresenta janela: Sim Não

Estado da janela: Aberta Parcialmente aberta Fechada

Quantidade de janelas _____

Quantidade de janelas fixas _____

Elementos internos de sombreamento

Apresenta persiana ou cortina: Sim Não

Estado da persiana: Aberta Parcialmente aberta Fechada

Cor da persiana _____

Material da persiana: Alumínio Tecido Leve Tecido Grosso Tela Solar Outro ____

Iluminação

Estado da iluminação artificial: Ligada Parcialmente ligada Desligada

Tipo e quantidade de luminárias: Refletora: _____

Placa de LED: _____

Spot: _____

Placa leitosa: _____

Outro: _____

Tipo e quantidade de lâmpadas: LED: _____

Fluorescente: _____

Incandescente: _____

Halógena: _____

Outro: _____

Apresenta divisão de circuito de iluminação: Sim Não

Tipo de acionamento: Manual Automático Outro _____

Acionamento independente para as luminárias próximas às janelas: Sim Não

Ar condicionado

Apresenta ar condicionado: Sim Não

Estado do ar condicionado: Ligado Desligado

Se o ar condicionado estiver ligado, temperatura programada: _____ °C

Tipo e quantidade de ar condicionado: Split Parede: _____

Multi Split: _____

Split Cassete: _____

Central: _____

Outro: _____

Capacidade de refrigeração dos equipamentos de ar condicionado: _____ Btu/h

Tipo de operação: Frio Quente/Frio

Classificação de eficiência energética dos equipamentos: A B C D E

Não se aplica Informação não obtida

Temperatura mais utilizada: _____ °C

→ **DRIVER COND. AMBIENTAIS**

CONDIÇÕES EXTERNAS

Temperatura externa _____ °C

Umidade relativa externa _____ %

Tempo no momento: Ensolarado Chuvas isoladas Chuvoso Nublado
 Parcialmente Nublado

CONDIÇÕES INTERNAS

Temperatura interna _____ °C

Umidade relativa interna _____ %

Nível de pressão sonora _____ dB

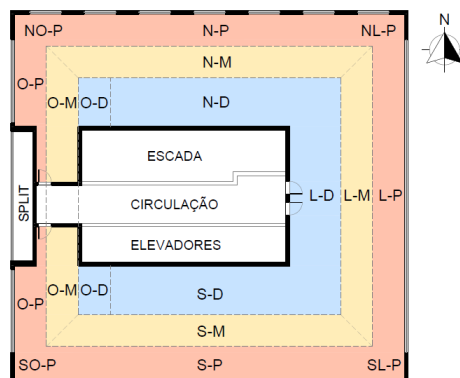
Iluminância no plano de trabalho _____ lux

→ **DRIVER USUÁRIO**

LOCALIZAÇÃO

Layout: Aberto Privado

Localização do usuário segundo figura a baixo: _____



PLANTA PAVIMENTO TIPO

ATRIBUTOS

01- Gênero: Feminino Masculino

02- Idade? _____ anos

03- Função/atividade que exerce: _____

04- Qual tipo de atividade realiza predominante (taxa metabólica):

Sentado (70 W/m²) Atividade leve em pé (93 W/m²) Atividade média em pé (166 W/m²)

05- Quantos dias da semana trabalha nesse local? _____

06- Qual horário costuma chegar? _____

07- Qual horário costuma sair? _____

08- Em geral, quantas horas costuma passar no seu local de trabalho? _____

09- No horário de almoço: Permanece no local de trabalho

Sai para almoçar aproximadamente às _____. Retorna às _____

Não se aplica

10 - Controla os sistemas:

Janela: Sim Não Ausência do sistema

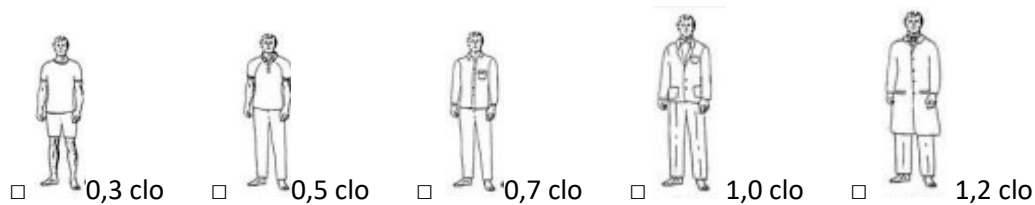
Persiana: Sim Não Ausência do sistema

Iluminação: Sim Não Ausência do sistema

Ar condicionado: Sim Não Ausência do sistema

ESTADO

11 - Vestimenta:



12 - Nesse momento:

Chegou a pouco tempo no ambiente Já estava no ambiente Está saindo do ambiente

13- Com relação ao nível de conforto térmico do ambiente, como você se sente agora:

Satisfeito

Indiferente (neutro)

Insatisfeito

ATITUDES

Janelas

Apresenta janelas: Sim Não

14 - Com qual frequência costuma operar as janelas no seu ambiente de trabalho para ventilação natural?

Sempre

Às vezes

Nunca

15 – Qual o motivo de operar as janelas?

Por hábito/rotina de usar a janela: Sim Não

Preferência em usar a ventilação natural do que o ar condicionado: Sim Não

Para renovar e obter qualidade do ar interno: Sim Não

Para ter conforto térmico: Sim Não

16 – Que condições te fazem abrir a janela?

Quando chega no ambiente: Sim Não

Quando sente desconforto por calor ou sente abafado: Sim Não

Quando sente que precisa melhorar a qualidade do ar interno: Sim Não

17 – Que condições te fazem fechar a janela?

Quando sente um pouco de desconforto para ligar o ar condicionado: Sim Não

Quando sente muito desconforto para ligar o ar condicionado: Sim Não

Quando a velocidade do ar é alta: Sim Não

Quando chove: Sim Não

Quando tem muito ruído externo: Sim Não

Quando saí do local de trabalho: Sim Não

18 – Qual o motivo de NÃO operar as janelas?

Código de vestimenta do trabalho precisa de ar condicionado constante: Sim Não

Regimento da empresa não permite que as pessoas a utilizem: Sim Não

Preferência de usar só o ar condicionado: Sim Não

Hábito de sempre usar o ar condicionado: Sim Não

Para manter a privacidade: Sim Não

Sempre tem outra pessoa que utiliza: Sim Não

Muito ruído externo: Sim Não

Persianas

Apresenta persianas: Sim Não

19 - Com qual frequência costuma operar as persianas no seu ambiente de trabalho?

Sempre

Às vezes

Nunca

20 – Qual o motivo de operar as persianas?

Tem o hábito/rotina de usar a persiana: Sim Não

Para controle da iluminação natural: Sim Não

Para ter conforto visual: Sim Não

21 – Que condições te fazem abrir as persianas?

Quando chega no ambiente: Sim Não

Para ter vista do exterior: Sim Não

Para entrar a iluminação natural: Sim Não

Quando saí do ambiente: Sim Não

22 – Que condições te fazem fechar as persianas?

Quando precisa de privacidade: Sim Não

Quando a iluminação natural causa ofuscamento ou brilho: Sim Não

Quando sente muito calor da irradiação solar: Sim Não

Quando saí do local de trabalho: Sim Não

Quando chega no local de trabalho: Sim Não

23 – Qual o motivo de NÃO operar as persianas?

Regimento da empresa: Sim Não

Senta longe da janela: Sim Não

Sempre tem outra pessoa que opera: Sim Não

Hábito/rotina de não operar a persiana: Sim Não

Preferência em não operar a persiana: Sim Não

A iluminação natural causa muito brilho na tela do computador: Sim Não

Fica aberta a maior parte do ano: Sim Não

Fica fechada a maior parte do ano: Sim Não

Iluminação

24 – Com qual frequência costuma operar a iluminação artificial no seu ambiente de trabalho?

Sempre

Às vezes

Nunca

25 – Qual o motivo de operar a iluminação artificial?

Tem o hábito/rotina de ligar a iluminação: Sim Não

Tem preferência de usar a iluminação artificial constantemente: Sim Não

Para ter conforto visual: Sim Não

26 – Que condições te fazem ligar a iluminação artificial?

Quando chega no ambiente: Sim Não

Quando fecha a persiana: Sim Não

Quando a iluminação natural não é suficiente: Sim Não

O plano de trabalho não é iluminado pela iluminação natural: Sim Não

27 – Que condições te fazem desligar a iluminação artificial?

Quando abre a persiana: Sim Não

Quando a luz natural ilumina bem o ambiente: Sim Não

Quando saí do local de trabalho (exemplo, horário de almoço): Sim Não

Quando termina o trabalho no fim do dia: Sim Não

28 – Qual o motivo de NÃO operar a iluminação artificial?

Regimento da empresa: Sim Não

Fica ligada o dia todo independente da iluminação natural: Sim Não

Senta próximo da janela: Sim Não

Sempre tem outra pessoa que opera: Sim Não

A iluminação é automatizada: Sim Não

Ar condicionado

Apresenta ar condicionado: Sim Não

29– Com qual frequência costuma operar o ar condicionado no seu ambiente de trabalho?

- Sempre Às vezes Nunca

30 – Qual o motivo de operar o ar condicionado?

Código de vestimenta do trabalho precisa de ar condicionado constante: Sim Não

Atividade que exerce necessita de ar condicionado constante: Sim Não

Tem o hábito/rotina de ligar o ar condicionado: Sim Não

Tem a preferência de usar o ar condicionado constantemente: Sim Não

Para ter conforto térmico: Sim Não

Exigência de algum órgão de fiscalização: Sim Não

31 – Que condições te fazem ligar o ar condicionado?

Quando chega no ambiente: Sim Não

Quando fecha a janela: Sim Não

Quando o ambiente está um pouco quente: Sim Não

Quando o ambiente está muito quente: Sim Não

Quando outros colegas solicitam: Sim Não

Quando atende cliente / paciente: Sim Não

Para cumprir exigências de algum órgão de fiscalização: Sim Não

32 – Que condições te fazem desligar o ar condicionado?

Quando o clima externo está agradável: Sim Não

Quando precisa renovar o ar interno: Sim Não

Quando sente que já refrescou o ambiente: Sim Não

Quando saí do local de trabalho (exemplo, horário de almoço): Sim Não

Quando termina o trabalho no fim do dia: Sim Não

33 – Qual temperatura costuma programar o ar condicionado? _____ °C

34 – Qual o motivo de NÃO operar o ar condicionado?

Regimento da empresa: Sim Não

Sempre tem outra pessoa que opera: Sim Não

Fica ligado o dia todo: Sim Não

Preferência por usar só ventilação natural: Sim Não

Não sente necessidade de usar o ar condicionado: Sim Não

Outros

35 - No seu ambiente de trabalho, em relação ao consumo de energia, você se considera uma pessoa:

- Econômica Moderada Desperdiçadora Não sabe responder

36 - Você é responsável pelo pagamento da conta de energia do local? Sim Não

APÊNDICE B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para Administração do Condomínio

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Título da Pesquisa:

“Determinação de Padrões de Uso de Sistemas Operacionais em Edifícios de Escritório”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE USO DE SISTEMAS OPERACIONAIS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO”, a ser realizada em Londrina. O objetivo da pesquisa é avaliar a influência do comportamento das pessoas no consumo de energia em edifícios comerciais.

Sua participação é muito importante pois contribuirá com informações para aperfeiçoar as estimativas de consumo energético do país, e se dará por meio do fornecimento de informações da taxa de ocupação, de consumo de energia elétrica, das características projetuais e de materiais construtivos do edifício. Os documentos coletados têm a finalidade de correlacionar com o resultado das entrevistas realizadas nos escritórios.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à administração do edifício. Esclarecemos, também, que as informações e documentos projetuais serão utilizadas para os fins desta e futuras pesquisas, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade, com exposição no trabalho apenas de uma planta baixa esquemática do pavimento tipo. As informações serão guardadas eletronicamente pelo período máximo de dois anos, após esse período serão apagadas.

Esclarecemos ainda, que não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Os benefícios esperados com os resultados dos questionários são o de contribuir para o país com informações reais sobre o uso de energia nos edifícios comerciais. Quanto aos riscos, a existência é mínima, e o participante será amparado caso ocorra algum desconforto.

Caso tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar o pesquisador responsável, Jéssica Picchi Ciappina (jessicapicchi.arq@hotmail.com) - Laboratório de Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações, situado na Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Rodovia Celso Garcia Cid PR445 Km380, Campus Universitário. Ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 20__.

Pesquisador Responsável

Jéssica Castoldi Picchi Ciappina

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

APÊNDICE C

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para as Salas comerciais do Edifício

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Título da Pesquisa:

“Determinação de Padrões de Uso de Sistemas Operacionais em Edifícios de Escritório”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE USO DE SISTEMAS OPERACIONAIS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO”, a ser realizada em Londrina. O objetivo da pesquisa é avaliar a influência do comportamento das pessoas no consumo de energia em edifícios comerciais.

Sua participação é muito importante pois contribuirá com informações para aperfeiçoar as estimativas de consumo energético do país, e se dará por meio do fornecimento de informações como área, divisão dos ambientes, quantidade de pessoas, janelas, equipamentos de climatização, e também consumos de energia referentes ao período de um ano do escritório (através de tarifas de energia) e autorização para que os demais usuários do escritório possam ser entrevistados quanto a forma como utilizam a iluminação, persianas, janelas, o ar condicionado e outros equipamentos do seu ambiente de trabalho. Os documentos coletados e observações feitas no local tem a finalidade de correlacionar com o resultado das entrevistas realizadas nos escritórios.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo ao escritório. Esclarecemos, também, que as informações e documentos obtidos serão utilizadas para os fins desta e futuras pesquisas, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. As informações serão guardadas eletronicamente pelo período máximo de dois anos, após esse período serão apagadas.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Os benefícios esperados com os resultados dos questionários são o de contribuir

para o país com informações reais sobre o uso de energia nos edifícios comerciais. Quanto aos riscos, a existência é mínima, e o participante será amparado caso ocorra algum desconforto.

Caso você tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar o pesquisador responsável, Jéssica Picchi Ciappina (jessicapicchi.arq@hotmail.com) - Laboratório de Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações, situado na Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Rodovia Celso Garcia Cid PR445 Km380, Campus Universitário. Ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ___ de _____ de 20__.

Pesquisador Responsável

Jéssica Castoldi Picchi Ciappina

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____

APÊNDICE D

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido para os Usuários

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Título da Pesquisa:

“Determinação de Padrões de Uso de Sistemas Operacionais em Edifícios de Escritório”

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) para participar da pesquisa “DETERMINAÇÃO DE PADRÕES DE USO DE SISTEMAS OPERACIONAIS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO”, a ser realizada em Londrina. O objetivo da pesquisa é avaliar a influência do comportamento das pessoas no consumo de energia em edifícios comerciais.

Sua participação é muito importante pois contribuirá com informações para aperfeiçoar as estimativas de consumo energético do país, e se dará por meio de respostas à entrevista/questionário quanto a forma como utiliza a iluminação, as persianas, as janelas, o ar condicionado e outros equipamentos do seu ambiente de trabalho.

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo você: recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta e futuras pesquisas, e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. As informações serão guardadas eletronicamente pelo período máximo de dois anos, após esse período serão apagadas.

Esclarecemos ainda, que você não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Os benefícios esperados com os resultados dos questionários são o de contribuir para o país com informações reais sobre o uso de energia nos edifícios comerciais. Quanto aos riscos, a existência é mínima, e o participante será amparado caso ocorra algum desconforto.

Caso tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos poderá contatar o pesquisador responsável, Jéssica Picchi Ciappina (jessicapicchi.arq@hotmail.com) -

Laboratório de Eficiência Energética e Sustentabilidade em Edificações, situado na Universidade Estadual de Londrina, Centro de Tecnologia e Urbanismo, Rodovia Celso Garcia Cid PR445 Km380, Campus Universitário. Ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina, situado junto ao prédio do LABESC – Laboratório Escola, no Campus Universitário, telefone 3371-5455, e-mail: cep268@uel.br.

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue a você.

Londrina, ____ de _____ de 20__.

Pesquisador Responsável

Jéssica Castoldi Picchi Ciappina

Eu, _____, tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar voluntariamente da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): _____

Data: _____