

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Liliana Martins Techio

**AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL DE HABITAÇÃO
MULTIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL: CONJUNTO
RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA, RS**

Santa Maria, RS
2018

Liliana Martins Techio

**AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL DE HABITAÇÃO
MULTIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL: CONJUNTO
RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA, RS**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Civil**.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Giane de Campos Grigoletti (UFSM)
Coorientador: Prof. Dr. Anderson Claro (UFSC)

Santa Maria, RS
2018

Techio, Liliana Martins
Avaliação da Iluminação Natural de Habitação
Multifamiliar de Interesse Social: Conjunto Residencial
Videiras, Santa Maria, RS / Liliana Martins Techio.-
2018.
147 p.; 30 cm

Orientador: Giane de Campos Grigoletti
Coorientador: Anderson Claro
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Maria, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em
Engenharia Civil, RS, 2018

1. Iluminação Natural 2. Habitação de Interesse Social
3. Níveis de Satisfação 4. Simulação Computacional I.
Grigoletti, Giane de Campos II. Claro, Anderson III.
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

© 2018

Todos os direitos autorais reservados a Liliana Martins Techio. A reprodução de partes ou do todo deste trabalho só poderá ser feita mediante citação da fonte.

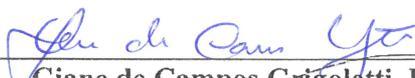
Fone: (0xx)55 98412-1478; E-mail: lilianatechio@hotmail.com

Liliana Martins Techio

**AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR
DE INTERESSE SOCIAL: CONJUNTO RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA,
RS**

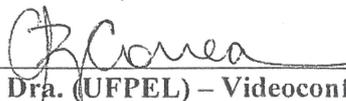
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre em Engenharia Civil**.

Aprovado em 27 de agosto de 2018:

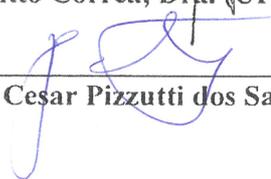


Giâne de Campos Grigoletti, Dra. (UFSM)
(Presidente/Orientador)

Anderson Claro, Dr. (UFSC)
(Coorientador)



Celina Maria Britto Correa, Dra. (UFPEL) – Videoconferência



Joaquim Cesar Pizzutti dos Santos, Dr. (UFSM)

Santa Maria. RS
2018

Dedico este trabalho àqueles que tudo fazem por mim, minha família!

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus e a Sua energia Divina, por todas as bênçãos recebidas e por ter guiado o meu caminho e me dado a força e a determinação necessárias para a conclusão deste trabalho.

Aos meus pais, Denice e Cleomar, pelo apoio, cuidados, paciência e amor incondicional, e por estarem sempre dispostos a ajudar de alguma forma. Amo vocês e sou muito grata por tê-los por perto!

Ao meu irmão Tiago pelo incentivo, pelos momentos de distração proporcionados, pela presença constante e pela torcida de sempre!

Aos amigos e familiares que estiveram comigo, que entenderam a minha ausência quando foi preciso e que torceram por mim ao longo dessa jornada.

À minha orientadora querida, Giane de Campos Grigoletti, por ter contribuído enormemente na minha formação ao me confiar essa tarefa, pela orientação, paciência e dedicação e por me ensinar tanto. Serei eternamente grata!

Ao meu querido coorientador Anderson Claro, que nunca mediu esforços para me transferir conhecimentos, para me ensinar a utilizar o APOLUX e para me dar todo o suporte no desenvolvimento e análise das simulações. És uma inspiração pra mim!

Aos professores componentes da banca examinadora, por terem aceitado avaliar o trabalho, pela disponibilidade e pelo conhecimento compartilhado.

Aos amigos do curso de mestrado, pela troca de conhecimento, pela união e por dividir os momentos bons e as angústias desse período.

À Sigma Jr. pela disponibilidade e ajuda com a estatística.

A CAPES pelo suporte na forma de bolsa de estudo¹.

Aos demais que, de perto ou longe, contribuíram para a elaboração desta pesquisa.

Minha gratidão!

¹ O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL: CONJUNTO RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA, RS

AUTORA: Liliana Martins Techio

ORIENTADORA: Prof.^a Dr.^a Giane de Campos Grigoletti (UFSM)

COORIENTADOR: Prof. Dr. Anderson Claro (UFSC)

O Brasil tem vivenciado, nos últimos anos, um aumento considerável no número de construções destinadas à população de baixa renda, graças aos programas de concessão de crédito para construção de moradias, numa tentativa de reduzir o acentuado déficit habitacional do país. A iluminação natural é um importante requisito para a melhoria dessas construções, uma vez que contribui para sua eficiência energética e interfere no conforto visual e térmico dos usuários. O objetivo da pesquisa foi avaliar a disponibilidade de iluminação natural no Conjunto Residencial Videiras (CRV), empreendimento multifamiliar de habitação de interesse social (HIS), situado em Santa Maria, RS, construído através do Programa Minha Casa, Minha Vida. O método empregado no estudo envolve técnicas de Avaliação Pós-Ocupação, como avaliação dos níveis de satisfação através da aplicação de questionários aos moradores do CRV, verificação da adequação às normas e regulamentos vigentes relativos à iluminação natural e avaliação das variáveis dinâmicas da luz por meio do programa de simulação computacional APOLUX. A grande maioria dos usuários do CRV se diz satisfeita com a iluminação natural de suas unidades habitacionais (UH), bem como, de cada ambiente analisado. A satisfação tende a aumentar entre os moradores do quarto pavimento e onde foram adotadas cores claras no mobiliário, revelando as influências do entorno nos demais pavimentos e dos índices de reflexão das superfícies internas. As UH do CRV não atendem ao RTQ-R e ao Código de Obras de Santa Maria no que diz respeito aos vãos mínimos de iluminação. O Código de Obras não deixa claro que se deve considerar apenas o vão desobstruído das aberturas e a NBR 15575 sequer menciona vãos mínimos para a iluminação natural. Os resultados das simulações mostraram que os ambientes atenderam aos parâmetros presentes no método de simulação do RTQ-R e às iluminâncias mínimas presentes na NBR 15575. Porém, ao considerar parâmetros de 120 lux, a maior parte dos ambientes não teve resultado satisfatório, e se mostraram, em média, com desempenho intermediário de iluminação. Ainda, foi constatado o desenvolvimento de tarefas que exigem níveis maiores de iluminância do que àquelas normalmente realizadas em ambientes residenciais. As normas deveriam atender às necessidades específicas de cada edificação, e pecam ao não considerar a possibilidade de ocorrerem atividades incomuns em determinados ambientes residenciais. De forma geral, o estudo contribuiu com informações acerca do processo de avaliação do desempenho da luz natural de HIS, possibilitando identificar erros e acertos que foram determinantes na qualidade e conforto luminoso no interior das UH. Os resultados obtidos serviram como suporte para proposição de diretrizes de projeto e sugestões para a legislação empregada, de modo a qualificar o processo de produção e uso das HIS e proporcionar melhor qualidade de vida aos usuários.

Palavras chave: Iluminação Natural. Habitação de Interesse Social. Níveis de Satisfação. Simulação Computacional.

ABSTRACT

NATURAL LIGHTING EVALUATION OF SOCIAL MULTI-FAMILY HOUSING: VIDEIRAS RESIDENTIAL COMPLEX, SANTA MARIA, RS

AUTHOR: Liliana Martins Techio

ADVISOR: Prof.^a Dr.^a Giane de Campos Grigoletti (UFSC)

CO-ADVISOR: Prof. Dr. Anderson Claro (UFSC)

In the last few years, Brazil has experienced a considerable increase in the number of buildings destined for the low-income population due to credit programs for housing construction, in an attempt to reduce the large housing deficit in the country. Natural lighting is an important requisite for the improvement of these constructions, since it contributes to their energy efficiency and interferes with users' visual and thermal comfort. The objective of the research was to evaluate the availability of natural light in the Videiras Residential Complex (CRV), a social multi-family housing project, located in Santa Maria, RS, built through the Governmental Program Minha Casa, Minha Vida. The method used in the study involves post-occupation assessment tools, as evaluation of satisfaction levels through the application of questionnaires to the CRV residents, verification of the adequacy to the current norms and regulations related to natural lighting and evaluation of the light dynamic variables through the APOLUX computer simulation program. The most part of CRV users consider themselves satisfied with the natural lighting of their housing units (UH), as well as from each room analyzed. The satisfaction tends to increase among the residents of the fourth floor and of the rooms where light colors were adopted in the furniture, revealing the influences of the surroundings on the other floors and the reflection indices of the internal surfaces. The UH of the CRV does not comply with the RTQ-R and the Código de Obras e Edificações de Santa Maria with regard to minimum lighting spans. The Código de Obras does not make it clear that it must consider just the unobstructed area of the frames and NBR 15575 does not even mention minimum spans for natural light. The results of the simulations showed that the rooms complied the parameters present in the RTQ-R simulation method and the minimum illuminances present in the NBR 15575. However, when considering parameters of 120 lux, most rooms did not have a satisfactory result, showing, on average, intermediate lighting performance. Also, it was observed the development of tasks that require higher levels of illuminance than those normally performed in residential environments. The norms should comply the specific needs of each building, and fail in not consider the possibility of unusual activities in certain residential environments. In general, the study contributed with information about the evaluation process of natural light performance of HIS, allowing to identify errors and rights that were determinant to the quality and luminous comfort inside the UH. The results obtained served as support for proposing project guidelines and suggestions for the legislation used, in order to qualify the production process and use of social housing project and to provide a better quality of life for users.

Keywords: Natural Lighting. Social Housing. Satisfaction Levels. Computer Simulation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Mapas localizando a área de intervenção.....	29
Figura 2 – Localização do CRV.	31
Figura 3 – Imagens do CRV.	32
Figura 4 – Implantação do CRV.....	32
Figura 5 – Planta dos pavimentos tipo.....	33
Figura 6 – Solução adotada para as UH do CRV.	33
Figura 7 – Modelo fracionado no Módulo Fractal (ESQUERDA) e imagem após cálculo de Radiosidade no Módulo FOTON (DIREITA).....	38
Figura 8 – Exemplo de arquivo de resultados numéricos do APOLUX.	39
Figura 9 – Espectro eletromagnético e parcela de radiação percebida pelo olho humano.	40
Figura 10 – Interação entre luz e superfície.	43
Figura 11 – Diâmetros mínimos (afastamentos) entre compartimentos principais.	52
Figura 12 – Exemplo de dispositivo visual para questionários.	54
Figura 13 – Síntese das etapas metodológicas para desenvolvimento da pesquisa.....	57
Figura 14 – Esquema da etapa de fundamentação e preparação.	58
Figura 15 – Blocos de apartamentos (ESQUERDA) e salão de festas (DIREITA).....	59
Figura 16 – Exemplo de formulação de questões.....	63
Figura 17 – Local de aplicação do pré-teste.	63
Figura 18 – Esquema para aplicação de questionários e vistorias.....	65
Figura 19 – Localização das UH simuladas.	66
Figura 20 – Esquema seguido para realização das simulações dinâmicas.	67
Figura 21 – Vistas da modelagem do entorno imediato das UH avaliadas.	67
Figura 22 – Identificação da face visível no Sketchup.....	68
Figura 23 – Materiais e acabamentos internos considerados nas simulações.	70
Figura 24 – Dormitório principal e ambiente integrado com materiais e fracionamentos, no módulo FOTON.....	72
Figura 25 – Exemplo de globo dividido em 30 faixas em cada hemisfério.	72
Figura 26 – DA1 de 120 lux (ESQUERDA) e UDI _{sup} acima de 2.000 lux (DIREITA).....	75
Figura 27 – Imagens das condições de céu para os três dias de coleta de dados.	76
Figura 28 – Vão livre de iluminação em esquadria com três folhas de correr.	78
Figura 29 – Posicionamento dos blocos onde foram realizadas as coletas (em azul).	86
Figura 30 – Esquadrrias dos quartos (ESQUERDA) e do ambiente integrado (DIREITA)....	105
Figura 31 – Porcentagem de DA e UDI para os ambientes orientados a Sul.....	115
Figura 32 – Uso de brise-soleil (esquerda) e toldo (direita).....	121
Figura 33 – Alterações no interior dos ambientes em função da escolha das cores.....	122

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplo de avaliação do dimensionamento de esquadrias.....	49
Quadro 2 – Resumo dos parâmetros de simulação adotados no Módulo FOTON.	74
Quadro 3 – Método de avaliação a partir dos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e NBR 15575.....	83
Quadro 4 – Método de classificação dos ambientes analisados por desempenho.....	83
Quadro 5 – Avaliação dos vãos de iluminação segundo RTQ-R e Código de Obras.	104
Quadro 6 – Avaliação da profundidade dos ambientes segundo RTQ-R.....	106
Quadro 7 – Avaliação do atendimento aos afastamentos mínimos segundo a LUOS.	107
Quadro 8 – Avaliação do dormitório principal pelos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e na NBR 15575.	108
Quadro 9 – Avaliação do ambiente integrado pelos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e na NBR 15575.	109
Quadro 10 – Classificação dos ambientes analisados por desempenho.	111

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Níveis requeridos de iluminância natural - processo de simulação.....	46
Tabela 2 – Parâmetros de fracionamento aplicados no Módulo Fractal do APOLUX.	69
Tabela 3 – Propriedades óticas dos materiais.....	71
Tabela 4 – Coeficiente de reflexão de alguns materiais e cores.....	79
Tabela 5 – Pré-requisitos da NBR 15.575 para os ambientes analisados.....	82
Tabela 6 – Pré-requisitos do RTQ-R para os ambientes analisados.....	82
Tabela 7 – Tonalidades das cores internas.	89
Tabela 8 – Situação da luz artificial durante a vistoria.....	99
Tabela 9 – Resumo do modelo logito de razão contínua para o nível de satisfação com a iluminação das UH do CRV.....	100
Tabela 10 – Resultados de DA e UDI para cada orientação e pavimento.....	113

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT: Associação Brasileira de Normas Técnicas;
ADESM: Agência de Desenvolvimento de Santa Maria;
APO: Avaliação Pós-Ocupação;
AsBEA-RS: Associação Brasileira dos Escritórios de Arquitetura Rio Grande Do Sul;
CB3E: Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações;
CEF: Caixa Econômica Federal;
CRV: Conjunto Residencial Videiras;
CR: Coeficientes de Radiosidade;
CTC: Departamento de Arquitetura e Urbanismo;
DA: *Daylight Autonomy* ou Autonomia de Luz Natural;
DA1: porcentagem das horas calculadas em que o ponto tem iluminância igual ou superior ao valor limite estabelecido para o nível 1 (120 lux);
DA2: porcentagem das horas calculadas em que o ponto tem iluminância igual ou superior ao valor limite estabelecido para o nível 2 (60 lux);
DF: *Daylight Factor* ou Fator de Luz Diurna;
DLC: *Daylight Coefficients* ou Coeficientes de Luz Natural;
DXF: *Data Exchange File*;
EALN: Estimativa Anual de Luz Natural;
ENCE: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia;
FLD: Fator de Luz Diurna;
GIHAB/SM: Gerência Executiva de Habitação de Santa Maria;
HIS: Habitação de Interesse Social;
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
INMETRO: Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial;
IPLAN: Instituto de Planejamento de Santa Maria;
LabEEE: Laboratório de Eficiência Energética em Edificações;
LN: Luz natural;
MDICE: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior;
NBR: Norma Brasileira;
PAC: Programa de Aceleração do Crescimento;
PAR: Programa de Arrendamento Residencial;
PBE: Programa Brasileiro de Etiquetagem;
PMCMV: Programa Minha Casa Minha Vida;
PROCEL: Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica;
RP: Radiosidade Plena;
RTQ-R: Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais;
sDA: *Spatial Daylight Autonomy* ou Autonomia Espacial da Luz do Dia;
SMH: Secretaria de Município de Habitação e Regularização Fundiária;
TCLE: Termo de Consentimento Livre e Esclarecido;
UDI: *Useful Daylight Illuminances* ou o Iluminância Natural Útil;
UDIinf: porcentagem do tempo em que o ponto está entre 60 lux e 120 lux;
UDImed: porcentagem de tempo em que o ponto está entre 120 lux e 2.000 lux;
UDIup: porcentagem do tempo em que o ponto está acima de 2.000 lux;
UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina;
UFSM: Universidade Federal de Santa Maria; e
UH: Unidade Habitacional.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	JUSTIFICATIVA	25
1.2	OBJETIVOS	27
1.2.1	Objetivo geral	27
1.2.2	Objetivos específicos	28
2.	REVISÃO DE LITERATURA	29
2.1	CARACTERIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
2.1.1	O Município de Santa Maria	29
2.1.2	O Conjunto Residencial Videiras	30
2.2	AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO.....	34
2.2.1	Vistorias Técnicas e Levantamentos Físicos	35
2.2.2	Questionários	36
2.2.3	Simulação Computacional.....	37
2.3	A LUZ NATURAL E AS CONDIÇÕES DE CONFORTO VISUAL.....	40
2.4	GRANDEZAS RELACIONADAS À ILUMINAÇÃO NATURAL	42
2.4.1	Iluminância (E).....	42
2.4.2	Luminância (L)	43
2.4.3	Ofuscamento.....	44
2.5	REFERENCIAIS TÉCNICOS DE ILUMINAÇÃO.....	44
2.5.1	Norma de Desempenho NBR 15575	45
2.5.2	RTQ-R - Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais	47
2.5.3	Código de Obras de Santa Maria.....	50
2.5.4	Lei de Uso do Solo de Santa Maria (LUOS).....	51
2.6	ESTUDOS RELEVANTES.....	52
3.	MATERIAIS E MÉTODOS.....	57
3.1	FUNDAMENTAÇÃO E PREPARAÇÃO	57
3.1.1	Levantamento Bibliográfico	58
3.1.2	Primeiros Contatos e Autorização Institucional	59
3.1.3	Levantamento Arquitetônico	60
3.1.4	Determinação da Amostra	60
3.2	COLETA DE NÍVEIS DE SATISFAÇÃO DE USUÁRIOS E DE DADOS TÉCNICOS.....	62
3.3	REALIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES DINÂMICAS	65
3.3.1	Modelagem	67
3.3.2	Preparação do Modelo no Módulo Fractal	69
3.3.3	Simulação no Módulo FOTON	70
3.4	TABULAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS.....	75
3.4.1	Avaliação dos Dados Coletados nos Questionários e Fichas Técnicas	75
3.4.2	Avaliação dos Vãos Mínimos de Iluminação e da Altura das Aberturas	77
3.4.3	Avaliação dos Índices de Refletância do Teto e da Profundidade do Ambiente em Relação à Abertura	79
3.4.4	Avaliação dos Afastamentos Mínimos	80
3.4.5	Avaliação dos Resultados Obtidos nas Simulações	81
3.4.6	Síntese das Análises Desenvolvidas e Diagnóstico Geral	84
3.5	PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES E CONCLUSÃO	84
4.	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	86

4.1	AVALIAÇÃO DOS DADOS COLETADOS NOS QUESTIONÁRIOS E FICHAS TÉCNICAS	86
4.1.1	Composição da Amostra	86
4.1.2	Atividades desenvolvidas nos ambientes analisados	90
4.1.3	Níveis de satisfação dos usuários	92
4.1.4	Uso da iluminação artificial durante o dia	96
4.1.5	Análise das influências no nível de satisfação dos usuários	99
4.2	AVALIAÇÃO DOS VÃOS MÍNIMOS DE ILUMINAÇÃO E DA ALTURA DAS ABERTURAS	103
4.3	AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE REFLETÂNCIA DO TETO E DA PROFUNDIDADE DO AMBIENTE EM RELAÇÃO À ABERTURA	105
4.4	AVALIAÇÃO DOS AFASTAMENTOS MÍNIMOS	106
4.5	AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES	107
4.5.1	Avaliação com base nas iluminâncias presentes no RTQ-R e na NBR 15575	107
4.5.2	Classificação dos ambientes por desempenho	110
4.5.3	Análise da LN dos ambientes quanto aos pavimentos	112
4.5.4	Análise da LN dos ambientes quanto à orientação solar	116
4.6	SÍNTESE DAS ANÁLISES DESENVOLVIDAS E DIAGNÓSTICO GERAL ...	117
4.7	PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES	119
5.	CONCLUSÕES	123
5.1	LIMITAÇÕES DO TRABALHO	125
5.2	SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS	126
	REFERÊNCIAS	128
	APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL	135
	APÊNDICE B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE	136
	APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	137
	APÊNDICE D – QUESTIONÁRIO	139
	APÊNDICE E – FICHA DE LEVANTAMENTO	140
	APÊNDICE F – GRÁFICOS COM PORCENTAGENS DE DA E UDI	141
	APÊNDICE G – PLANTAS COM PORCENTAGENS DE DA E UDI	143
	APÊNDICE H – ORIENTAÇÃO SOLAR DAS UH	147

1. INTRODUÇÃO

Desde os anos 2000, vêm sendo observadas ações governamentais no setor habitacional, a fim de atender as expectativas crescentes da população e combater o déficit habitacional do país. Nesse cenário destacam-se: em 2000, a inclusão da moradia como direito social na Constituição Brasileira²; em 2001, a promulgação do Estatuto das Cidades e afirmação da função social da propriedade; em 2003, a criação do Ministério das Cidades; e em 2009, o lançamento do Programa Minha Casa, Minha Vida³ (PMCMV) (MOREIRA, et al., 2015). Em nove anos, de 2009 a 2017, o PMCMV contratou mais de cinco milhões de unidades habitacionais (UH), sendo 3,7 milhões já entregues. Para o ano de 2018 estão previstas cerca de 600 a 700 mil novas unidades (MARTELLO; MAZUI, 2018).

As UH do PMCMV representam 70% do mercado imobiliário brasileiro, além de 65% das construções (GOVERNO DO BRASIL, 2018). Mesmo assim, dados mostram que o déficit habitacional brasileiro aumentou 5,9% entre os anos de 2009 a 2015, sendo que o dado mais recente, do ano 2015, foi estimado em aproximadamente 7,7 milhões de moradias. Em torno de 91% desse déficit concentra-se nas famílias de baixa renda, que possuem rendimento mensal de até três salários mínimos (BERTOLINI, 2017).

O problema da demanda habitacional traz consigo outra questão: a qualidade das habitações que vêm sendo entregues. Um estudo do Ministério da Transparência e Controladoria-Geral da União mostra que 56,4% das UH das faixas 2 e 3 do PMCMV apresentam falhas (VAZ, 2017). O setor de Habitação de Interesse Social (HIS) vem se desenvolvendo, ao longo dos anos, para resolver única e exclusivamente a necessidade básica de abrigo, cujo objetivo não ultrapassa questões quantitativas. As construções resultantes do PMCMV possuem, em sua maioria, características padronizadas, que não conseguem contemplar plenamente as necessidades de cada perfil familiar (VILLA et al., 2015, 2016).

Vários fatores podem influenciar na melhoria das habitações, dentre eles a iluminação. A luz artificial se desenvolveu nas primeiras décadas do século XX e rapidamente se popularizou impulsionada pela facilidade de acesso, enquanto que as fontes de luz natural (LN) foram, muitas vezes, negligenciadas. Porém, atualmente, a iluminação natural vem novamente ganhando destaque, tanto no que diz respeito à saúde e bem-estar dos usuários

² O referido direito foi introduzido na Constituição Brasileira através da Emenda Constitucional de nº 26, de 14 de fevereiro de 2000. (BRASIL, 2000)

³ O PMCMV é um programa do Governo Federal lançado em 2009, realizado com recursos do Fundo de Arrendamento Residencial (FAR), gerido pelo Ministério das Cidades e operacionalizado pela Caixa Econômica Federal (CAIXA) que busca facilitar a conquista da casa própria para as famílias de baixa renda (CEF, 2017).

quanto à sua contribuição para a economia de energia (ALBUQUERQUE, 2010). Ainda, tendo em vista o amplo potencial do Brasil para se economizar com iluminação, já que possui uma das abóbadas celestes mais claras do mundo, a utilização da LN é o ponto de partida para se obter um sistema de iluminação energeticamente eficiente.

Isso faz com que os projetos de arquitetura tenham que adequar-se às diferentes situações de acordo com as características de cada localidade dentro do país, de forma a evitar condições críticas relacionadas ao conforto visual⁴ (TAVARES, 2007). Entretanto, tendo em vista a atual adoção de soluções arquitetônicas, construtivas e urbanísticas repetidas em larga escala, seguindo um padrão predefinido independente da região (VILLA; ORNSTEIN, 2013; VILLA et al., 2015), percebe-se ser de grande relevância a avaliação da disponibilidade de LN em HIS no Brasil.

Há a necessidade de se implantar soluções inteligentes para as diversas fontes de iluminação existentes, que contribuam para o conforto visual, economia de energia e qualidade de vida dos usuários. A consideração de aspectos fundamentais a respeito da iluminação, durante o projeto, é a medida mais efetiva no controle das qualidades visuais dos ambientes (LAMBERTS et al., 2014). Para isso, é essencial descobrir as necessidades específicas de cada habitação, o que só é possível através da participação dos usuários.

Por outro lado, nota-se que são poucos os momentos em que os usuários das HIS participam do processo de avaliação dos programas sociais. Uma forma de promover essa participação é a Avaliação Pós-Ocupação (APO), um sistematizado conjunto de métodos e técnicas de pesquisa que considera a opinião do cliente final, com o objetivo de avaliar o desempenho do ambiente construído. Esse tipo de avaliação possibilita aos projetistas, construtores, agentes governamentais e sociedade assegurar a qualidade do que vem sendo produzido (VILLA; ORNSTEIN, 2013).

Para APO voltada ao conforto ambiental, Ornstein e Ono (2005) recomendam o confronto entre resultados obtidos a partir da percepção dos usuários, observações in loco e medições ou simulação computacional, com o intuito de diminuir a margem de erro. Segundo Lima (2003), avaliar o desempenho da LN através de simulação computacional é uma estratégia que pode ser adotada durante o projeto para evitar futuras situações de desconforto, na fase de construção para corrigir problemas detectados, ou em uma APO para analisar as condições de iluminação e descobrir recursos que possam qualificar a edificação.

⁴Conforto visual é o conjunto de condições em um determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço e menor risco de prejuízos à visão (LAMBERTS et al., 2014).

Dessa forma, a partir do uso da APO, e tendo como estratégia de pesquisa a adoção de um estudo de caso, o presente trabalho tem como tema a iluminação natural de UH do Conjunto Residencial Videiras (CRV), voltado para a população de baixa renda, localizado na cidade de Santa Maria, RS. Dentre as ferramentas e métodos adotados, destacam-se a coleta de informações por meio de pessoas-chave, a aplicação de questionários entre os usuários, a realização de vistorias nas UH e levantamentos por meio de fichas técnicas e registros fotográficos, e os cálculos das variáveis dinâmicas da LN, realizados por meio do software de simulação APOLUX IV⁵. Ainda, foi desenvolvido um estudo a fim de verificar o atendimento e analisar os critérios adotados pelas normativas vigentes, que podem influenciar na disponibilidade de LN no interior das edificações.

A utilização de métodos de APO torna possível descobrir se as construções estão satisfazendo o conforto dos seus usuários, e gera subsídios para propor novas diretrizes de projeto, que garantam a melhoria do conforto visual em futuros empreendimentos e a participação do usuário no processo de produção de HIS. Como consequência, tem-se um maior grau de satisfação dos clientes finais (LIMA, 2011). Para Moreira et al. (2015), isso permite aproximar-se da realidade vivenciada nos empreendimentos e incorporar a participação cidadã desses indivíduos no processo de avaliação dos programas.

1.1 JUSTIFICATIVA

Utilizar adequadamente a luz solar diz respeito à eficiência energética, ao conforto visual e a práticas sustentáveis. A iluminação natural está associada ao desenvolvimento do cérebro, das formas de vida mais primitivas até a espécie humana. Desde a pré-história a evolução está ligada à utilização da iluminação. (ELETROBRAS PROCEL, 2013).

Os efeitos dos níveis de iluminação em ambientes residenciais são pouco estudados nas bibliografias nacionais. Por isso, torna-se importante avaliar a iluminação natural das HIS que vêm sendo construídas, e verificar se os critérios que estão sendo utilizados são satisfatórios para a qualidade da iluminação e para o conforto visual dos usuários. Outro argumento forte é a redução do consumo de energia, especialmente importante ao se falar de HIS. Ao se projetar adequadamente o uso da LN, evitando a entrada do aquecimento, é possível eliminar parte considerável da iluminação artificial e reduzir a necessidade de

⁵ Versão pública disponível em: <http://foton.arq.ufsc.br/>. Desenvolvido pelo Prof. Dr. Arq. Anderson Claro, com consultoria científica do Prof. PhD Eng. Fernando O. R. Pereira, ambos do CTC da UFSC (PORTAL APOLUX, 2018).

climatização. Ainda, o tema HIS, sob o enfoque da investigação dos níveis de satisfação do usuário, justifica-se pelas transformações nas políticas habitacionais observadas nas últimas décadas, sobretudo no que diz respeito ao papel do Estado, e pelas construções reproduzidas em larga escala.

Para critério de referência, com relação às edificações executadas através do PMCMV na cidade de Santa Maria, foi realizado contato com a Gerência Executiva de Habitação de Santa Maria (GIHAB/SM) ⁶. Na ocasião, verificou-se que não existem registros de queixas dos beneficiários com relação à iluminação natural, já que outros problemas como a baixa qualidade dos materiais empregados ou a execução inadequada de serviços acabam chamando a atenção e sendo o foco principal das reclamações dos moradores. Entretanto, entende-se que, justamente por não existirem relatos a respeito da qualidade da iluminação nessas edificações, destinadas a HIS, se faz ainda mais necessário este estudo. Além disso, esse fato não denota que as edificações estão completamente adequadas nesse quesito.

O conforto visual sofre interferências de diversos fatores relacionados à luz. As influências ambientais e suas conseqüentes manifestações psicológicas, embora sejam constantes na vida de todos, não são evidentes e, na maioria das vezes, afetam inconscientemente, a conduta e o desempenho diário dos indivíduos (BLOWER; AZEVEDO, 2008). O olho humano que tem a função de converter a luz em sentidos para que o cérebro os interprete (TAVARES, 2007). Quando uma iluminação é inadequada, ela pode causar desconfortos como cansaço visual, dores de cabeça e ofuscamento (HENDGES, 2016).

Por isso, cabe aos profissionais de arquitetura e engenharia entender a importância que a iluminação tem no dia-a-dia do ser humano, e desenvolver projetos que trarão o maior conforto visual possível aos usuários, independentemente de se tratarem de edificações para população de baixa renda ou não. Nem sempre esse recurso é aplicado de maneira inteligente, porém, tanto a reestruturação ou reabilitação quanto a construção de novos edifícios oferecem muitas oportunidades para melhorar o desempenho da iluminação natural. Inúmeras intervenções são possíveis, e muitas tecnologias e elementos para o uso da LN estão disponíveis. Um grande impasse, é que muitas vezes, os projetistas desconhecem tais tecnologias ou encontram dificuldades em empregá-las (GARROCHO, 2005).

A partir da APO, é possível apontar erros e acertos no sistema de iluminação de edificações reais e, dessa forma, entender se os parâmetros mínimos utilizados estão sendo

⁶ O agente financeiro – a Caixa Econômica Federal – faz a avaliação física de todas as unidades habitacionais na entrega e mantém um sistema para registrar reclamações com relação aos aspectos físicos e defeitos construtivos, a fim de providenciar os reparos cabíveis.

suficientes para garantir o conforto e a qualidade de vida dos usuários. Além disso, a APO representa uma forma de pesquisa de mercado, pois se trata de um processo baseado em uma experiência prática. Para Peruzzo (2008), depois que as empresas da construção civil perceberem a importância de satisfazer seus clientes, buscarão implementar novas estratégias de qualidade, aprimorando seus produtos através da melhoria dos processos e, conseqüentemente, produzindo moradias de melhor qualidade. Essa interação cliente/empresa traz benefícios bilaterais, onde o cliente terá à sua disposição UH mais apropriadas às suas expectativas, e a empresa ganha em competitividade.

Considerando essas informações, esse estudo contribui para que o conforto visual em HIS seja uma preocupação de projeto tão relevante quanto qualquer outro elemento construtivo que o compõe. Possibilita delinear diretrizes para a melhoria do objeto de estudo e de outras edificações semelhantes, revelando decisões de projeto que podem influenciar na iluminação interna, no conforto dos usuários e na redução do consumo de energia. Tais critérios podem servir de exemplo a ser seguido por outras entidades e profissionais da arquitetura e engenharia do país. Para Garrocho (2005), a disseminação de informações é muito importante para que a adoção de estratégias em larga escala possa, de fato, se tornar concreta, contribuindo para a sustentabilidade da arquitetura de forma tangível.

Para isso, foram levantadas algumas perguntas de pesquisa, aprofundadas e respondidas no decorrer deste estudo: a iluminação natural das unidades habitacionais do CRV está satisfazendo ao conforto visual de seus usuários? Que tarefas são desempenhadas nas UH? Quais os principais fatores que influenciam nos níveis de satisfação dos usuários e na forma como eles percebem a iluminação no interior dos ambientes? Os critérios de projeto adotados são adequados e atendem às normas e legislações vigentes? Existem aspectos positivos na iluminação natural do CRV que podem ser replicados em outros conjuntos similares? Que pontos negativos devem ser evitados? As normativas vigentes são capazes de promover níveis totalmente adequados de iluminação natural no interior das edificações?

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo geral dessa pesquisa é avaliar o desempenho da iluminação natural das unidades habitacionais do CRV, localizado na cidade de Santa Maria/RS, a fim de propor

melhorias para o empreendimento e, através da identificação dos erros e acertos, definir diretrizes que possam retroalimentar o processo da construção civil de HIS.

1.2.2 Objetivos específicos

- a) Conhecer os níveis de satisfação dos usuários no que diz respeito ao conforto visual e iluminação natural das suas habitações.
- b) Avaliar o desempenho e eficiência da iluminação natural das unidades habitacionais em estudo.
- c) Identificar os aspectos positivos e negativos existentes, que influenciam nos níveis de satisfação e na disponibilidade de luz natural.
- d) Propor diretrizes para aperfeiçoar o desempenho de habitações de interesse social.

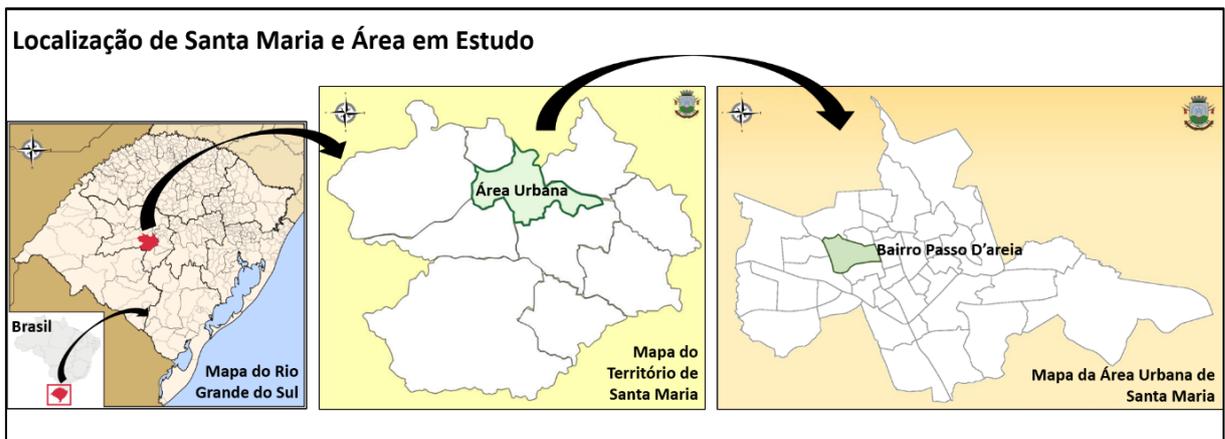
2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CARACTERIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1.1 O Município de Santa Maria

O CRV, estudo de caso desta pesquisa, está localizado no Bairro Passo D'Areia, município de Santa Maria, Estado do Rio Grande do Sul. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), o município de Santa Maria possui uma área total de 1.781,757 Km². Quanto ao número de habitantes, as estimativas do IBGE são que o município possuía um total de 278.445 habitantes em 2017. Santa Maria é considerada uma cidade média e de grande influência na região central do estado, denominada como o Coração do Rio Grande devido a sua localização geográfica (Figura 1).

Figura 1 – Mapas localizando a área de intervenção.



Fonte: ADESM, 2016; Ficheiro Wikipédia, 2016. Editado pela autora.

Com relação à questão habitacional, a Prefeitura de Santa Maria, através da Secretaria de Município de Habitação e Regularização Fundiária (SMH), apresentou, no ano de 2011, um diagnóstico da situação habitacional do município. Essa análise apontou que Santa Maria possuía um déficit habitacional de 4.805 famílias, sendo 4.438 em situação de coabitação, 155 em domicílios particulares improvisados e 212 em habitações precárias. Outro dado apontado foi que a inadequação habitacional (unidades carentes de melhorias para alcançar um padrão mínimo de habitabilidade) chegava a 27.563 domicílios (ADESM, 2016).

Visando reduzir esse déficit habitacional, a Prefeitura de Santa Maria adotou medidas em parceria com o Governo Federal. Dentre elas, estão os programas habitacionais Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), Programa de Arrendamento Residencial (PAR)⁷ e o Programa de Aceleração do Crescimento (PAC)⁸. Até o ano de 2012, através desses programas já haviam sido entregues 5966 UH no município, sem contar as que estavam em estágio de construção ou em processo de licitação (ADESM, 2016).

Dentre os empreendimentos procedentes dos programas habitacionais citados, encontra-se o CRV, único empreendimento de edificações multifamiliares do município de Santa Maria que foi executado pelo PMCMV.

2.1.2 O Conjunto Residencial Videiras

No Brasil, tornou-se constante a construção de conjuntos de HIS para a população de baixa renda, por meio de investimentos maciços do governo federal em políticas públicas que favoreceram a implantação desses conjuntos nos municípios. No entanto, percebe-se uma padronização nesses empreendimentos, sem levar em consideração as condições climáticas e culturais de cada região, disseminando-se o uso de uma mesma tipologia e de mesmos materiais em locais com características climáticas, geográficas e culturais distintas.

É possível identificar facilmente que muitas soluções construtivas e de projeto adotadas hoje em dia nas HIS não são adequadas, sobretudo para reduzir custos. Realizar uma análise da iluminação natural nessas edificações contribuirá para a melhoria da qualidade dessas construções.

Em 2009, o Governo Federal deu início ao PMCMV. A Prefeitura Municipal de Santa Maria, por meio da SMH, executa a Faixa I deste programa (famílias com renda mensal de até R\$1.600,00). Em contrapartida, as famílias pagam à Caixa Econômica Federal uma mensalidade correspondente a 5% da renda declarada (SMH, 2016). “Essas prestações estão entre R\$23,00 e R\$74,00 mensais, durante 10 anos. No decorrer deste período, as habitações não podem ser alugadas, doadas, cedidas ou vendidas” (NETO et al., 2016, p. 570). Os candidatos a participar do programa devem satisfazer a critérios preestabelecidos, e a partir disso, a forma de seleção dos beneficiários é através de sorteio. (SMH, 2016)

⁷ O PAR é promovido pelo Ministério das Cidades, tendo a CAIXA como agente executor e o FAR como financiador, diferenciando-se do PMCMV pelo fato que depois de prontas, as unidades são arrendadas aos beneficiários, porém com a opção de compra do imóvel ao final do período contratado. (CEF, 2017)

⁸ O PAC foi criado em 2007 como um plano estratégico de resgate do planejamento e de retomada dos investimentos em setores estruturantes do país. Contribuiu para o aumento da oferta de empregos e na geração de renda, e elevou o investimento público e privado em obras fundamentais. (CEF, 2017)

Em relação ao perfil dos moradores, sabe-se que, para a seleção dos beneficiários das habitações do CRV, foram priorizados os critérios estabelecidos na Lei Municipal 5.378 de 16 de novembro de 2010 (SANTA MARIA, 2010), que fixa diretrizes para a política habitacional do município de Santa Maria, dando prioridade para grupos familiares que se enquadrassem em dois ou mais critérios, conforme segue abaixo:

- a) famílias que habitem locais inadequados para a sobrevivência, tais como: áreas insalubres, de risco e de proteção ambiental;
- b) famílias com dependentes portadores de necessidades especiais, ou que possuam idosos como integrantes do grupo familiar;
- c) famílias que possuam mulheres atuando como chefe de família; e
- d) famílias que possuam filhos menores de idade.

Neste panorama, concluído em outubro de 2011, o CRV foi o primeiro conjunto habitacional do PMCMV a ser construído em Santa Maria, e diferencia-se dos demais conjuntos do programa executados no município por ser o único formado por edificações multifamiliares.⁹ Localizado na Rua Venâncio Aires, número 1.660, no Bairro Passo D'Areia (Figura 2), o residencial conta com 420 apartamentos distribuídos em vinte blocos (SMH, 2016). O CRV possui área para estacionamento e área de recreação, onde se encontram bancos, quadra poliesportiva e salão de festas (Figura 3).

Figura 2 – Localização do CRV.



Fonte: IPLAN, 2018. Editado pela autora.

⁹ Há outros conjuntos habitacionais de Santa Maria com as mesmas características do CRV, porém, oriundos de outros programas, como o PAR e o PAC.

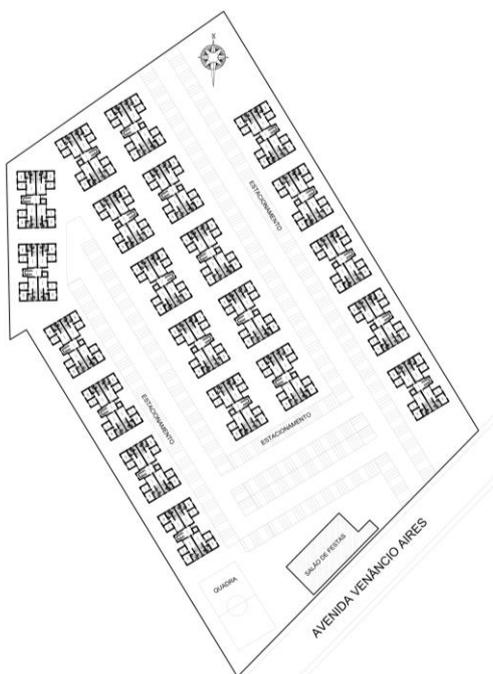
Figura 3 – Imagens do CRV.



Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

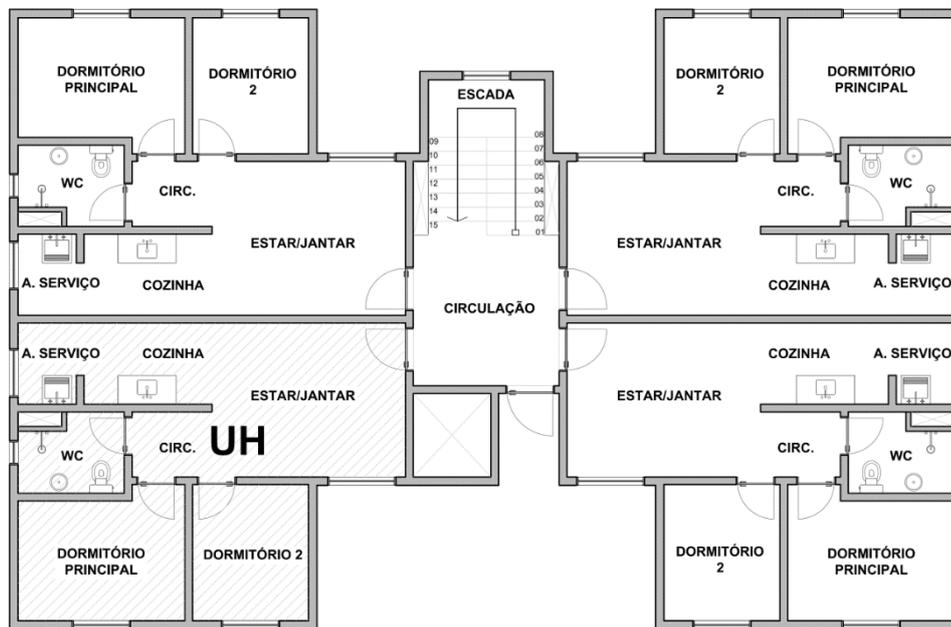
O empreendimento é formado por edifícios de cinco pavimentos que estão organizados no terreno, conforme a Figura 4, formando quatro eixos lineares no sentido Noroeste-Sudeste, sendo dois eixos centrais e dois nas extremidades. Os blocos caracterizam-se por possuírem, do térreo ao quinto pavimento, plantas de pavimento tipo, e solução arquitetônica em formato de H (Figura 5), com quatro apartamentos por andar, proposta comumente verificada em conjuntos habitacionais destinados à população de baixa renda.

Figura 4 – Implantação do CRV.



Fonte: Acervo de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria. Desenvolvido pela autora, 2018.

Figura 5 – Planta dos pavimentos tipo.



Fonte: Acervo de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria. Desenvolvido pela autora, 2018.

O pé direito é o mesmo nos cinco pavimentos (2,51 metros), e o programa arquitetônico de todos os apartamentos é formado por dois dormitórios, sala, banheiro, circulação, cozinha e área de serviço (integradas), totalizando uma área útil interna de 40,54 m² por UH (Figura 6).

Figura 6 – Solução adotada para as UH do CRV.



Fonte: Acervo de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria. Desenvolvido pela autora, 2018.

2.2 AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO

Define-se APO por um conjunto de procedimentos e técnicas que tem como objetivo principal a avaliação do desempenho de ambientes construídos, considerando além do ponto de vista dos especialistas, a satisfação dos usuários. Os resultados são diagnósticos consistentes sobre os aspectos positivos e negativos verificados, os quais possibilitam fundamentar melhorias nos estudos de caso, assim como, em futuros projetos semelhantes, gerando um ciclo retroalimentador do processo de projeto (VILLA, et al., 2015).

No que diz respeito à HIS, a APO trata-se de uma ferramenta que pode trazer melhorias para essa camada desfavorecida da população. Segundo Romero e Ornstein (2003):

A APO passa a ser ainda mais relevante no caso de programas de interesse social, tais como os conjuntos habitacionais, nos quais, no caso brasileiro, nas últimas décadas, têm-se adotado soluções urbanísticas, arquitetônicas e construtivas repetitivas em larga escala, para atender uma população, via de regra, muito heterogênea, cujo repertório cultural, hábitos, atitudes e crenças são bastante distintos já no próprio conjunto, e mais ainda em relação aos projetistas (ROMERO; ORNSTEIN, 2003, p. 27).

Do mesmo modo, quando se depara com HIS financiadas pelo poder público, existe, na grande maioria dos casos, uma produção em massa, que nem sempre leva em consideração a variabilidade de perfil e as necessidades específicas dos usuários (VILLA; ORNSTEIN, 2013). Villa et al. (2015), sobre uma experiência metodológica de APO no PMCMV, ainda complementam:

A reduzida qualidade dos materiais e acabamentos e a padronização de tipologias, por sua vez, também são características comuns dos projetos de HIS. Evidentemente, esses projetos não atendem amplamente às necessidades dos usuários, que são pouco considerados. Constata-se nessa produção a não observação de fatos como as transformações do grupo familiar e a possibilidade de utilizar a habitação como lugar de trabalho (VILLA et al., 2015. p. 13).

Portanto, a APO se configura como uma maneira de viabilizar a inclusão do cliente de baixa renda na concepção de novos empreendimentos, a partir da experiência prévia de outros clientes, beneficiados com unidades oriundas de programas habitacionais sociais já implantados. Ainda, para Romero e Ornstein (2003), a APO tem grande validade ecológica, pelo fato de desenvolver análises, diagnósticos e recomendações a partir dos objetos de uso, *in loco*, na escala e tempo real.

É possível encontrar nas bibliografias um grande número de métodos utilizados em estudos sobre as relações pessoa-ambiente, como por exemplo: *walkthrough*¹⁰, mapa comportamental, poema dos desejos¹¹, vistorias técnicas, medições *in loco*, grupos focais, entrevista e questionário (RHEINGANTZ et al., 2009; ABIKO; ORNSTEIN, 2002). No entanto, é preciso cuidado na coleta de informações sobre a percepção dos usuários de HIS, especialmente no Brasil, em virtude da precariedade das moradias anteriores. Existe o risco dos problemas existentes nas novas edificações não serem identificados pelos seus moradores, que podem apresentar níveis de satisfação incondicionais, e vir a comprometer a pesquisa (KOWALTOWSKI et al., 2006).

Para que sejam reconhecidas cientificamente, as pesquisas de APO devem fundamentar-se em metodologias consolidadas, em seleções amostrais adequadas e na análise comparativa de dados. De acordo com cada tipo investigação e de ambiente construído a ser analisado, também é importante a prévia definição dos objetivos, dos tipos de procedimentos e estratégias metodológicas que serão adotadas, e dos critérios de qualidade que serão seguidos na pesquisa (VILLA, et al., 2015).

Em virtude dessas informações, entende-se que a APO é um instrumento capaz de auxiliar na busca por melhorias na construção civil, e como consequência, no aumento do nível de satisfação dos usuários. Para Blumenschein et al. (2015), quando a qualidade construtiva das edificações ultrapassa critérios técnicos, conseguindo corresponder às expectativas dos usuários, os mesmos tendem a conservar e valorizar mais o bem imóvel, consolidando-se, inclusive, uma convivência mais harmônica e saudável na comunidade local.

2.2.1 Vistorias Técnicas e Levantamentos Físicos

As vistorias técnicas e os levantamentos físicos estão entre os principais métodos de levantamento de campo utilizados para a realização de pesquisas, no qual, o uso de fotografias pode ser considerado como uma técnica complementar para o registro de informações. Além disso, as vistorias técnicas e levantamentos físicos podem se utilizar de outros recursos para serem colocados em prática, como por exemplo, o uso de medições relacionadas ao conforto

¹⁰ *Walkthrough*, literalmente, pode ser traduzido como passeio. É um “método de análise que combina simultaneamente uma observação com uma entrevista.” (RHEINGANTZ et al., 2009 p. 23).

¹¹ É um método desenvolvido por Henry Sanoff, o qual “permite que os usuários de um determinado ambiente declarem, por meio de um conjunto de sentenças escritas ou de desenhos, suas necessidades, sentimentos e desejos relativos ao edifício ou ambiente analisado.” (RHEINGANTZ et al., 2009 p. 13).

ambiental, de observações das atividades e comportamento dos usuários e ambientes, ou ainda, de *checklist* para aferição de aspectos construtivos e funcionais (LAY; REIS, 2005).

2.2.2 Questionários

Instrumento de coleta de dados que pode ser aplicado por telefone, correio, internet ou pessoalmente, o questionário “é o método mais comumente utilizado para se obter informações sobre comportamentos, atributos e atitudes de usuários de ambientes construídos” (ROMERO; ORNSTEIN, 2003, p. 265). Quando é aplicado de forma correta, torna-se uma importante e confiável ferramenta de coleta de dados, além de apresentar outras vantagens como a garantia de sigilo e anonimato para os participantes, o baixo custo de utilização e a facilidade na manipulação dos dados (CHAER et al., 2011).

Em pesquisas que se utilizam questionários, recomenda-se a realização de um pré-teste para averiguar a validade e qualidade do método empregado, de forma a evitar um resultado não representativo da realidade. Antes de sua aplicação definitiva, alguns exemplares devem ser testados entre uma pequena amostra, que pode ser aleatória, representativa ou intencional. Esse pré-teste, quando aplicado com rigor, origina o que se denomina por pesquisa-piloto (MARCONI; LAKATOS, 2003). De forma geral, “essa fase tem por objetivo verificar a eficiência dos instrumentos de coleta de dados” (ROMERO; ORNSTEIN, 2003, p. 46).

No âmbito de conjuntos habitacionais, mais especificamente HIS, Romero e Ornstein (2003) recomendam alguns cuidados que devem ser tomados na construção e aplicação de questionários, tais como: na formulação das perguntas, dar preferência para respostas com escalas de valores ímpares, pois estas contemplam também um ponto mediano, neutro; respeitar a seleção amostral previamente definida; procurar manter um equilíbrio entre homens e mulheres participantes; orientar aos respondentes para que seja considerada sempre uma situação predominante, evitando múltiplas respostas.

Ainda, Abiko e Ornstein (2002) apresentam o questionário como um instrumento importante para coleta de dados em estudos de APO em conjuntos habitacionais. Verifica-se, entretanto, a inclusão de diversos métodos complementares ao questionário, os quais serviram para reforçar a confiabilidade e eficiência dos resultados e da pesquisa. Nesse sentido, “a aplicação de vários métodos para a coleta de diferentes tipos de dados sobre o mesmo fenômeno permite contrabalançar os desvios/tendências (bias) existentes em um método com os desvios dos outros métodos utilizados” (LAY; REIS, 2005, p. 23).

2.2.3 Simulação Computacional

Segundo Didoné e Pereira (2010), vêm sendo aprofundadas as pesquisas acerca da iluminação natural, na busca por um melhor entendimento e aproveitamento do seu potencial. Tais pesquisas podem ser desenvolvidas através do uso de simulação computacional, que se divide entre estática ou dinâmica. A simulação estática caracteriza-se por ser mais limitada, pois exhibe os resultados em forma de imagem fotorrealística, medidas de iluminância ou em relação ao *Daylight Factor* (DF)¹², que tem o valor de iluminação baseado somente no céu do tipo encoberto, sem levar em consideração as variações do clima (NABIL; MARDALJEVIC, 2006).

A simulação dinâmica, por sua vez, possibilita resultados de iluminâncias e indicadores dinâmicos do comportamento da LN durante todo o período do ano, sendo capaz de exibir as mudanças do céu, a insolação direta e os horários de iluminação natural absoluta. Para isso, é necessário dispor de arquivos de dados climáticos completos¹³ (8.760 horas do ano), os quais contém uma série horária de dados de radiação solar. Dentre os resultados obtidos por meio deste tipo de simulação, algumas das principais medidas dinâmicas são: *Daylight Autonomy* (DA) ou Autonomia de Luz Natural (ALN) e *Useful Daylight Illuminances* (UDI) ou o Iluminância Natural Útil (INU) (DIDONÉ; PEREIRA, 2010).

O DA é a porcentagem de horas ocupadas por ano em que os níveis de iluminâncias são satisfatórios, somente por meio da iluminação natural (REINHART et al., 2006), enquanto o UDI simula a porcentagem de horas em um ano que a iluminância do ambiente avaliado permanece na faixa considerada de conforto visual – entre 100 e 2.000 lux, por exemplo – sendo que valores acima de 2.000 lux (muito claros) ou abaixo de 100 lux (muito escuros) são considerados como zonas de desconforto. Como o próprio nome sugere, determina quando os níveis de LN são "úteis" para o usuário (NABIL; MARDALJEVIC, 2006; REINHART et al., 2006).

Outra métrica que também tem sido utilizada é a *Spatial Daylight Autonomy* (sDA) ou autonomia espacial da luz do dia, que é definida como o percentual de área de um plano de análise que está acima do nível de iluminância adotado para DA, por pelo menos 50% das

¹² Ou Fator de Luz Diurna (FLD), representa a quantidade de iluminância horizontal que chega a um ponto interno do ambiente em relação à iluminância difusa externa, sem obstruções, sob condições de céu nublado. (MORAES; PEREIRA, 2011)

¹³ É possível ter acesso a arquivos climáticos de diversas cidades do país no site do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da UFSC (PORTAL LabEEE, 2018).

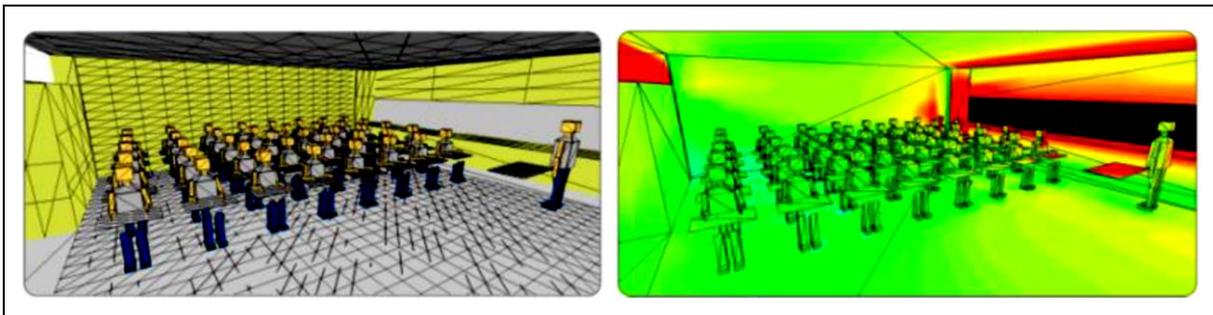
horas do dia iluminadas naturalmente, durante o período de um ano (BECK et al., 2016; PORTAL APOLUX, 2018).

Pela facilidade de se obter resultados e comportamentos para as diferentes condições de clima existentes, a simulação computacional, em especial a dinâmica, torna-se uma ferramenta poderosa na avaliação do desempenho dos ambientes construídos, principalmente nas questões que englobam o conforto ambiental. E entre esses temas, pode-se incluir a possibilidade de melhor compreender, para posteriormente aprimorar, as propostas arquitetônicas sob o ponto de vista da LN. Sendo assim, para esse estudo em específico, serão aprofundados os modelos matemáticos por computador, realizados através do programa de simulação computacional APOLUX.

2.2.3.1 Programa computacional APOLUX IV

Dentre os programas que realizam simulações dinâmicas, no Brasil destaca-se o APOLUX, desenvolvido no Laboratório de Conforto Ambiental (Labcon) do Departamento de Arquitetura e Urbanismo (CTC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). O programa desenvolve cálculos dos níveis de LN e artificial por meio de dois módulos: o Fractal, que através de arquivos em formato *Data Exchange File* (DXF), permite o preparo do modelo tridimensional e a criação do arquivo projeto (extensão. PJ4) para posterior processamento no FOTON, onde é possível concluir os parâmetros adotados e realizar os cálculos (PORTAL APOLUX, 2018; JARAMILLO, 2014). Abaixo imagens geradas pela ferramenta computacional APOLUX (Figura 7):

Figura 7 – Modelo fracionado no Módulo Fractal (ESQUERDA) e imagem após cálculo de Radiosidade no Módulo FOTON (DIREITA).



Fonte: JARAMILLO, 2014.

Utilizando arquivos climáticos em formato EPW (*Energy Plus Weather Data*), o APOLUX IV realiza três métodos distintos para a determinação de Estimativa Anual de Luz Natural (EALN), o clássico *Daylight Coefficients* (DLC) ou Coeficientes de Luz Natural analisado comparativamente aos novos métodos propostos – Coeficientes de Radiosidade (CR) e Radiosidade Plena (RP) – possibilitando simulações mais eficientes, sobretudo em ambientes complexos. Os três métodos conduzem a um mesmo resultado, e o programa indica qual é o mais recomendado quanto ao tempo de processamento (PORTAL APOLUX, 2018).

No DLC, inicialmente proposto por Tregenza e Waters (1983), o céu é considerado como se fosse uma abóbada dividida em 145 parcelas. A relação entre o fluxo luminoso que sai do céu e chega a um ponto resulta em um DLC. Então, para cada ponto de um plano que se pretende avaliar, obtém-se um conjunto de 145 DLCs. Pelo método do CR, baseado nos vértices do projeto e exclusivo do APOLUX, é considerada a “relação entre a quantidade de luz que parte de um ponto em uma superfície e a que chega a um ponto no plano de análise, depois de uma certa quantidade de inter-reflexões.” (CLARO, 2015, p. 77). Pela RP, por sua vez, o cálculo é realizado através de uma sequência de radiosidades, uma para cada hora estudada (CLARO, 2015; PORTAL APOLUX, 2018).

Figura 8 – Exemplo de arquivo de resultados numéricos do APOLUX.

Área de Transferência		Fonte		Alinhamento		Número		Estilo		Células					
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N		
4	DA nível 2:	250													
5	UDI inferior:	100													
6	UDI média:	300													
7	UDI superior:	2000													
8															
9	Valor para SDA1-50% 500 lx														
10	Valor para SDA2-50% 250 lx														
11															
12	DADOS DOS PLANOS POR NÍVEL														
13	Nível	Plano	Área (m2)	ÁreaDA1 (m2)	SDA1 (%)	ÁreaDA2 (m2)	SDA2 (%)	ÁreaASE (m2)	ÍndiceASE (%)						
14	ANALISE	0	40	19,4083	48,5207	26,0355	65,0888	6,62722	16,568						
15	ANALISE	1	40	2,13018	5,32544	6,62722	16,568	0	0						
16															
17	TODOS	TOTAL	80	21,5385	26,9231	32,6627	40,8284	6,62722	8,28402						
18															
19															
20	DADOS DOS VÉRTICES														
21															
22	Nível	Plano	Vert.	x	y	z	Área (m2)	DAn1	DAn2	UDI0	UDIinf	UDimed	UDIsup	HorSol (h)	%
23	ANALISE	0	0	0	0	0	1	0,078895	11,4368	23,3621	53,6782	26,9828	19,3391	0	0

Fonte: PORTAL APOLUX, 2018.

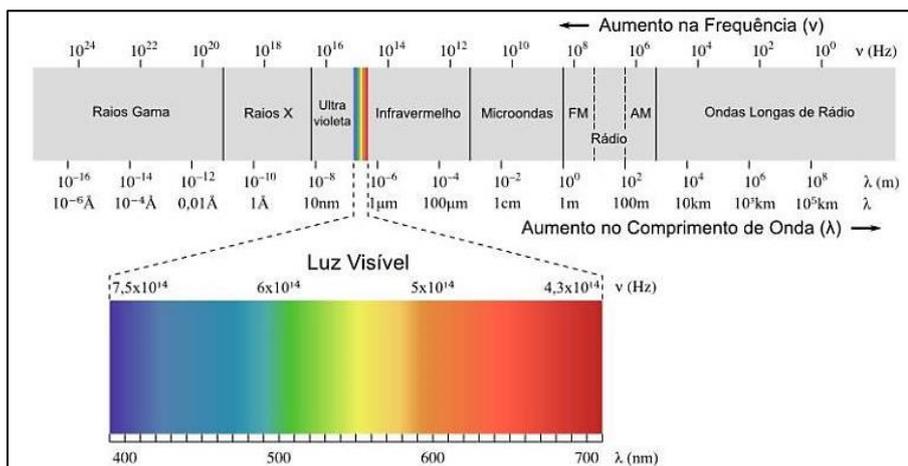
A
 Figura 8 apresenta parte da planilha numérica que é gerada após os cálculos da EALN. Na parte superior são apresentados os dados dos parâmetros utilizados nas simulações, seguida dos dados dos planos analisados e dos dados de cada vértice que compõe esses planos. “A partir da EALN é possível aplicar aos resultados as diferentes métricas de simulação dinâmica

aplicadas ao clima, como o DA e o UDI” (CLARO, 2015, p. 77), além de outras medidas que podem servir de apoio para a análise do desempenho da LN, como, por exemplo, a já citada sDA e a Annual Sunlight Exposure (ASE)¹⁴.

2.3 A LUZ NATURAL E AS CONDIÇÕES DE CONFORTO VISUAL

Conforme é possível verificar na Figura 9, a luz é a parcela da radiação eletromagnética compreendida entre os comprimentos de onda de 380 nm a 780 nm. Essa é a faixa do espectro que o olho humano consegue perceber. Dependendo do comprimento de onda será a cor da luz percebida pelo olho humano (BAKER, et al., 1993).

Figura 9 – Espectro eletromagnético e parcela de radiação percebida pelo olho humano.



Fonte: MADEIRA, 2010.

A luz é um elemento importante e indispensável em nossas vidas. Desde a pré-história, ela está ligada à evolução da espécie humana, que sempre procurou abrigos nos quais pudesse instalar-se e sentir-se confortável. O conforto visual, por sua vez, é função de todo o ambiente visível e, juntamente com o conforto acústico e térmico, determina o nível de conforto do usuário em um determinado espaço.

Lamberts et al. (2014, p. 57) definem conforto visual como a existência de um conjunto de condições nas quais “o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais com o máximo de acuidade e precisão, com o menor esforço, com menor risco de prejuízos à vista e

¹⁴ Corresponde ao percentual de área de um plano de análise que ultrapassa uma determinada iluminância solar direta por um determinado tempo no ano. “Adotados os valores indicados na IES LM 83-12, considerando a ultrapassagem do limite de 1.000 lux por um período maior que 250 horas por ano.”

com reduzidos riscos de acidentes.” Pode-se dizer, de forma geral, que a iluminação interna é satisfatória quando todas as partes do espaço podem ser vistas sem nenhuma dificuldade, e as tarefas visuais podem ser desenvolvidas sem nenhuma tensão (TAVARES, 2007).

“Uma má iluminação, gera, além de má quantidade do fluxo, possível ofuscamento, maior necessidade do uso da luz artificial e, conseqüentemente, maior consumo, menor eficiência do sistema, fadiga visual e finalmente, menor desempenho na tarefa.” (JARAMILLO, 2014, p. 23).

Iluminar naturalmente determinado espaço depende, acima de tudo, da qualidade do projeto. O projetista deve desenvolver o seu trabalho considerando conceber ambientes bem iluminados, onde a luz do dia entre, de forma que possa ser controlada. A iluminação natural pode chegar a um ambiente diretamente, pelos raios solares, ou indiretamente, pelos elementos que o rodeiam ou pelo céu. Esse tipo de iluminação é dita espectro total, pois possui o melhor índice de reprodução de cores dentre todas as fontes de luz existentes (SOUZA, 2008). Ainda, de acordo com Romero e Ornstein (2003), a iluminação natural apresenta algumas variáveis, conforme segue:

- a) o tipo de abóbada celeste, que varia de acordo com: a latitude, a época do ano (avaliada, basicamente, para o solstício de verão, de inverno e os equinócios), as condições climáticas como nebulosidade e a poluição;
- b) as características do entorno, obstruções naturais e construídas, suas dimensões, cores e localização em relação às esquadrias;
- c) a tarefa a ser desempenhada no ambiente, o campo visual, o nível de iluminância, as luminâncias, os contrastes e a presença ou não de ofuscamento;
- d) as características e tipologia das aberturas (Ex.: laterais, zenitais, de correr, pivotante), suas dimensões, tipos de vidros, manutenção, tipos de caixilhos, elementos de sombreamento (Ex.: persianas, cortinas, brises); e
- e) as características do espaço interno, dimensões, cores e texturas de paredes, tetos, pisos e mobiliário.

Tirar proveito da iluminação natural em HIS é uma estratégia de projeto que trará benefícios à edificação e aos usuários, como: melhor eficiência luminosa, melhor índice de reprodução de cores, melhor percepção visual dos espaços e objetos, melhor orientação espacial e temporal e redução no consumo de energia, pois elimina parte considerável da necessidade da iluminação artificial e reduz a necessidade de climatização em parte considerável do horário de uso da edificação. Entretanto, para que bons resultados sejam alcançados, os profissionais, seja para projetar uma edificação ou avaliar a qualidade ou

quantidade de iluminação natural disponível em um ambiente, precisam conhecer os principais conceitos e grandezas relacionadas à iluminação natural.

2.4 GRANDEZAS RELACIONADAS À ILUMINAÇÃO NATURAL

2.4.1 Iluminância (E)

“Iluminância é a quantidade de luz que incide em uma superfície” (TREGENZA; LOE, 2013, p. 21). Também conhecida como nível de iluminação ou iluminamento, indica a quantidade de luz (lúmens - lm) por unidade de área (m^2) chega a determinado ponto. A iluminância (E) tem como sua unidade o lux (lx), e é expressa pela seguinte equação (Equação 1):

$$E = \frac{\varphi}{A} \quad (1)$$

Onde:

φ = fluxo luminoso (lm)

A = área (m^2)

“A iluminância e sua distribuição nas áreas de trabalho e no entorno imediato têm um maior impacto em como uma pessoa percebe e realiza a tarefa visual de forma rápida, segura e confortável.” (ABNT, 2013b, p. 4). Alcançar a uniformidade das iluminâncias no interior dos ambientes trás muitos benefícios para o bem estar dos usuários, uma vez que mudanças drásticas nas proximidades das áreas de tarefa são desconfortáveis, e causam esforço visual (ABNT, 2013b).

Como o fluxo luminoso não é distribuído uniformemente, a iluminância não será a mesma em todos os pontos da área em questão. Considera-se, por isso, uma iluminância média (E_m). Atualmente, existem várias pesquisas, normas e regulamentos técnicos que indicam níveis mínimos de iluminância recomendados para ambientes residenciais, e auxiliam na avaliação da qualidade dos ambientes, como, por exemplo, a NBR 15575 (ABNT, 2013a) Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2012), que serão mais bem caracterizados nos capítulos seguintes.

2.4.2 Luminância (L)

A luminância é uma medida física de brilho de uma superfície, sendo através dela que os seres humanos enxergam. O brilho é a intensidade luminosa de qualquer superfície em uma determinada direção, por unidade de área projetada na superfície vista dessa direção (IES, 1947). Basicamente, a luminância pode ser definida como “o brilho de um objeto que pode ser percebido pelo olho humano.” (ELETROBRAS PROCEL, 2011).

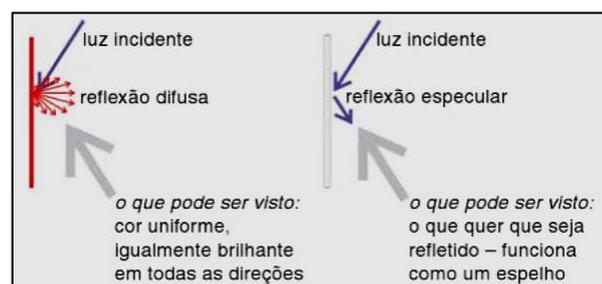
Segundo a NBR ISO/CIE8995-1 (ABNT, 2013b), as luminâncias de todas as superfícies são importantes e são determinadas pela refletância e pela iluminância nas superfícies. As faixas de refletâncias úteis para as superfícies internas mais importantes são:

- a) teto: 0,6 – 0,9;
- b) paredes: 0,3 – 0,8;
- c) planos de trabalho: 0,2 – 0,6; e
- d) piso: 0,1 – 0,5.

As propriedades óticas dos materiais também são importantes, uma vez que definem a quantidade de luz que é absorvida, refletida ou transmitida por uma superfície. A possibilidade de se perceber as superfícies e os objetos que estão no campo de visão deve-se à sua luminância, que tem como unidade de medida o candela por metro quadrado (cd/m^2), e é registrada *in loco* através de um fotômetro chamado de luminancímetro (JARAMILLO, 2014).

A luz que incide sobre determinado ponto pode ser refletida difusa ou especularmente (Figura 10). Nos materiais, uma superfície difusa reflete a luz de forma homogênea, em todas as direções, apresentando uma luminância constante de todos os pontos de vista, enquanto que, numa superfície especular a luz incidente à superfície é refletida no mesmo ângulo que chegou (TREGENZA; LOE, 2013).

Figura 10 – Interação entre luz e superfície.



A distribuição da luminância no campo de visão controla o nível de adaptação dos olhos, o que acaba afetando a visibilidade da tarefa. Uma adaptação bem balanceada da luminância proporciona melhor acuidade visual (nitidez da visão); sensibilidade ao contraste (discriminação das diferenças relativamente pequenas de luminância); e eficiência das funções oculares (como acomodação, contrações pupilares, movimento dos olhos etc.). A distribuição de luminâncias variadas também afeta o conforto visual. Recomenda-se que sejam evitadas luminâncias muito altas que podem levar ao ofuscamento; contrastes de luminâncias muito altos que podem causar fadiga visual devido à contínua readaptação dos olhos; luminâncias muito baixas e contrastes de luminância muito baixos podem resultar em um ambiente sem estímulo e tedioso (ABNT, 2013b).

2.4.3 Ofuscamento

O ofuscamento aparece quando o processo de adaptação dos olhos não ocorre adequadamente. Ele pode ocorrer devido a dois diferentes fenômenos: ofuscamento por contraste, quando a proporção entre as luminâncias dos objetos do campo visual são maiores que 1:10; e ofuscamento por saturação, normalmente quando a luminância da cena excede 25 cd/m², provocando a saturação do olho devido ao excesso de luz (PEREIRA; SOUZA, 2000)

O ofuscamento pode ser um problema em ambientes com iluminação natural lateral. Contrastes muito altos entre a iluminação no exterior e no interior dos ambientes e os reflexos causados pelas superfícies brilhantes podem causar desconforto visual e prejudicar o desempenho para a execução de tarefas (TREGENZA; LOE, 2013). Para Nascimento (2016), nas normativas, a falta de limites máximos para os níveis de iluminação no interior das edificações pode contribuir tanto para o aumento do calor nos ambientes internos, quanto para a ocorrência de ofuscamento.

2.5 REFERENCIAIS TÉCNICOS DE ILUMINAÇÃO

Nesse item, serão abordados os referenciais técnicos que estão vigentes e que abordam parâmetros mínimos que devem ser seguidos e que influenciam na disponibilidade de LN nos ambientes residenciais, inclusive no que tange às leis municipais.

2.5.1 Norma de Desempenho NBR 15575

Desde o ano 2013, com o início da vigência da NBR 15575, o setor da construção civil brasileira vem mudando seus parâmetros de qualidade, pois a norma trouxe uma renovação dos requisitos mínimos de segurança para prédios residenciais e um aumento da responsabilidade civil inerente à atuação profissional, na medida em que estabelece referenciais objetivos quanto aos requisitos de qualidade técnica e critérios de avaliação que deverão nortear as construções. Ainda que uma construção seja anterior à normativa, a mesma poderá servir como balizador da qualidade das edificações e, apesar da NBR 15575 não ser uma lei, a sua eficácia como tal está estabelecida em vários regramentos legais, como no Código Civil Brasileiro e no Código de Defesa do Consumidor, que instituem situações em que, especificamente, normas da ABNT deverão ser aplicadas (AsBEA-RS, 2014).

A iluminação natural é um dos requisitos de projeto contidos na NBR 15575, parte 1 (ABNT, 2013a). Para a avaliação do desempenho desse parâmetro, são consideradas, de forma geral, exigências humanas de conforto visual, como por exemplo, iluminâncias adequadas à atividade exercida no ambiente e campo visual livre de ofuscamentos. É premissa básica que, no período do dia, as dependências da edificação habitacional recebam LN direta ou indiretamente (através de recintos adjacentes) (POLI; ZORZI, 2014; ABNT, 2013a). Ainda, a própria norma de desempenho indica alguns fatores que podem interferir na qualidade da LN disponível:

Os requisitos de iluminância natural podem ser atendidos mediante adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos etc.), inserção de poços de ventilação e iluminação, eventual introdução de domo de iluminação etc. [...] Nos conjuntos habitacionais integrados por edifícios, a implantação relativa dos prédios, de eventuais caixas de escada ou de outras construções, não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados (ABNT, 2013a, p. 29).

Outras recomendações relacionadas na NBR 15575 (ABNT, 2013a) são a comunicação com o exterior e as alturas das esquadrias de salas de estar e dormitórios, que devem ser iluminados naturalmente através de portas ou janelas. Quando for por janelas, a indicação é que se utilizem peitoris com no máximo 100 cm de altura, e a cota da testeira do vão deve ficar a no máximo 220 cm de altura a partir do piso. “Aberturas muito próximas ao teto ou ao piso proporcionam uma iluminação mais indireta e menos eficiente, requerendo o uso de sistemas complementares de iluminação para o conforto visual na prática de diversas atividades.” (POLI e ZORZI, 2014, p. 100).

Segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013a), a LN pode ser avaliada através de dois critérios: simulação e medição *in loco*. Utilizando uma metodologia que propõe avaliação por meio da simulação estática, a NBR 15575 estabelece níveis mínimos, intermediários e superiores de iluminância para as diferentes dependências de construções habitacionais (Tabela 1). Essas diretrizes não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural, e se deve sempre atender às condições requeridas pela legislação local.

Tabela 1 – Níveis requeridos de iluminância natural - processo de simulação.

AMBIENTE	ILUMINAMENTO GERAL PARA OS NÍVEIS DE DESEMPENHO LUX		
	M*	I	S
Sala de estar	≥ 60 lux	≥ 90 lux	≥ 120 lux
Dormitório	≥ 60 lux	≥ 90 lux	≥ 120 lux
Copa/Cozinha	≥ 60 lux	≥ 90 lux	≥ 120 lux
Área de serviço	≥ 60 lux	≥ 90 lux	≥ 120 lux
Banheiro	Não exigido	≥ 30 lux	≥ 45 lux
Corredor ou escada interna à unidade	Não exigido	≥ 30 lux	≥ 45 lux
Corredor de uso comum (prédios)	Não exigido	≥ 30 lux	≥ 45 lux
Escadaria de uso comum (prédios)	Não exigido	≥ 30 lux	≥ 45 lux
Garagens / Estacionamentos	Não exigido	≥ 30 lux	≥ 45 lux

Fonte: ABNT, 2013a. Editado pela autora. Nota: M*- Critério Mínimo Obrigatório; I - Nível de Desempenho Intermediário; S – Nível de Desempenho Superior.

De acordo com a Tabela 1, a NBR 15575 adota 60 lux como o parâmetro mínimo para ambientes de longa permanência de habitações. “Pode-se dizer que esse valor é aceito para quaisquer atividades que venham a ser desenvolvidas nos ambientes residenciais, visto que os diferentes tipos de atividades que podem ser realizadas nas residências não são abordados na norma.” (NASCIMENTO, 2016, p. 52). Dentre as exceções, observa-se que, em edifícios de mais de um pavimento, cujas dependências ficam situadas no pavimento térreo ou abaixo da cota da rua, são admitidos níveis de iluminância ainda inferiores a 60 lux, admitindo-se diferença máxima de 20% em qualquer ambiente (ABNT, 2013a).

Para o critério de simulação, a norma recomenda seguir algumas condições durante a execução das análises, como, por exemplo, realizar as simulações nos dias 23 de abril e 23 de

outubro, nos horários das 09h30min e 15h30min em cada dia; considerar uma nebulosidade média (50% de nuvens), sem ajuda da iluminação artificial, com todas as janelas e portas abertas; considerar a latitude e longitude do local; obter simulações tendo a altura de 0,75m acima do nível do piso; considerar as orientações, os pavimentos e posição dos apartamentos nos andares; considerar a influência do entorno e eventuais sombreamentos que possam interferir na disponibilidade de LN (ABNT, 2013a).

Entretanto, como já foi abordado no item 2.2.3, a simulação estática proposta pela NBR 15575 caracteriza-se por ser mais limitada em relação à simulação dinâmica. Nascimento (2016) desenvolveu uma pesquisa onde avalia a NBR 15575 quanto ao desempenho térmico e lumínico, utilizando como estudo de caso uma edificação de 12 pavimentos, localizada em Maceió. Nos estudos abrangendo a iluminação natural, concluiu que a norma se distancia da realidade das edificações ao considerar para as simulações apenas os níveis de iluminância em quatro momentos específicos, sem ponderar o comportamento da luz durante todo o ano e a distribuição da luz no ambiente. Concluiu, ainda, que o uso de somente um limite mínimo de iluminância pode não ser suficiente para garantir o conforto visual dos usuários, e recomenda estabelecer também um limite máximo, considerando a probabilidade de desconforto devido a excesso de luz ou grandes contrastes no ambiente.

É por esse motivo que, nesse estudo, optou-se por utilizar as métricas disponíveis na simulação dinâmica para a avaliação da iluminação através de cálculos computacionais. Entretanto, ainda assim foram considerados os critérios mínimos estabelecidos na Norma de Desempenho como parâmetros de avaliação, estabelecendo 60 lux como limite mínimo a ser atingido, o que é possível verificar mais detalhadamente no capítulo de Materiais e Métodos.

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

O Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), lançado em 2010 e regido pela Portaria Inmetro nº 18, de 16 de janeiro de 2012 (BRASIL, 2012), tem o intuito de contribuir para a efficientização energética de edificações residenciais do país. Elaborado a partir da cooperação entre a Eletrobras, através do Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL), o Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro) e a Universidade Federal de Santa Catarina, na figura do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE/ UFSC). A partir disso, foi criado o Centro Brasileiro de Eficiência

Energética em Edificações (CB3E), o qual visa dar suporte técnico e científico à etiquetagem, assim como o controle da qualidade e aferição ao certificar as edificações energeticamente, através da obtenção de uma Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) concedida pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (PORTAL LabEEE, 2018).

Para a etiquetagem da eficiência energética de Unidades Habitacionais Autônomas, avaliam-se os requisitos relativos ao desempenho térmico da envoltória, à eficiência do(s) sistema(s) de aquecimento de água e a eventuais bonificações (BRASIL, 2012). A Equação 2 que expressa esse nível de eficiência é a seguinte:

$$PT_{uh} = a \times EqNumEnv + 1 - a \times EqNumAA + Bonificações \quad (2)$$

Onde:

PT_{uh}: pontuação total do nível de eficiência da UH;

a: coeficiente adotado de acordo com a região na qual a edificação está localizada;

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da UH quando ventilada naturalmente e após a verificação dos pré-requisitos da envoltória;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação.

Os pré-requisitos da envoltória são avaliados em cada ambiente separadamente. A iluminação natural é um dos pré-requisitos da envoltória e também é considerada como bonificação. As bonificações são as pontuações atribuídas a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação. O valor da bonificação referente à iluminação natural varia de zero a 0,30 pontos.

Para o atendimento ao percentual de abertura para iluminação natural com relação à área do piso o RTQ-R orienta que “o acesso à iluminação natural em ambientes de permanência prolongada deve ser garantido por uma ou mais aberturas para o exterior. A soma das áreas de aberturas para iluminação natural de cada ambiente deve corresponder a no mínimo 12,5% da área útil do ambiente.” (BRASIL, 2012, p. 28). “Varandas fechadas com vidro, cozinhas ou outros ambientes que não possuam separação através de parede ou divisória até o forro com ambientes de permanência prolongada são considerados extensão dos ambientes contíguos a eles” (BRASIL, 2012, p. 5).

De acordo com essa metodologia de etiquetagem, no caso dos dormitórios com área superior a 15 m², a área de abertura para iluminação natural deve estar relacionada até o limite de 15m², não sendo necessário contabilizar a área restante. É importante destacar que o tipo de esquadria existente na edificação pode influenciar na determinação na área de abertura para iluminação natural, pois é necessário se considerar a área efetiva, passível de desobstrução total, desconsiderando os caixilhos. O próprio regulamento aponta em seu Anexo II uma tabela com valores percentuais de área efetiva que podem ser adotados dependendo do tipo de esquadria em análise.

Abaixo (Quadro 1) seguem exemplos de verificação do atendimento das áreas mínimas de iluminação previstos no RTQ-R:

Quadro 1 – Exemplo de avaliação do dimensionamento de esquadrias.

AMBIENTE	DIMENSÕES DO AMBIENTE	DADOS DA ESQUADRIA	ÁREA EFETIVA DE ILUMINAÇÃO	PERCENTUAL DO VÃO EXISTENTE	RESULTADO
Dormitório	10 m ²	Janela de correr com duas folhas e persiana integrada 1,20 x 1,20 = 1,44 m ²	75% = 1,08 m ²	10,8% da área do ambiente	Não atende
Jantar	16 m ²	Janela de correr com duas folhas 140 x 120 = 1,68 m ²	80% = 1,34 m ²	8,4% da área do ambiente	Não atende

Fonte: Desenvolvido pela autora.

“Outro aspecto importante é a refletância do teto do ambiente, que representa o quociente da taxa de radiação luminosa refletida pela taxa de radiação luminosa que incide sobre ele” (ELETROBRAS PROCEL, 2013, p. 45). Para garantir adequada iluminação natural, o RTQ-R recomenda ainda que cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia deve ter refletância do teto acima de 60%. No que diz respeito à relação entre a profundidade desses mesmos ambientes e a fonte de LN proveniente de aberturas laterais, o RTQ-R orienta que a maioria (50% mais 1) deve apresentar a profundidade menor ou igual a 2,4 vezes a altura máxima da abertura para iluminação (m). No

caso de existir mais de uma abertura em um mesmo ambiente, considera-se a relação com menor profundidade.

Admite-se, ainda, a constatação do uso eficiente da LN em residências através de softwares de simulação computacional específicos, empregando arquivo climático com 8.760 horas em formato apropriado. Nesse tipo de método, durante a simulação de determinado espaço, deve ser feita uma malha de no mínimo 25 pontos na altura do plano de trabalho, devendo ser modelado também o entorno do ambiente simulado (BRASIL, 2012).

Nesse caso, fazendo uso apenas da LN, a maioria dos ambientes de permanência prolongada, cozinha e área de serviço/lavanderia (50% mais 1), onde as esquadrias para o exterior não possuam proteção solar, deve-se obter no mínimo 60 lux de iluminância em 70% do ambiente, durante 70% das horas do ano. Considerando apenas os ambientes de permanência prolongada que possuem proteção solar, deve-se obter, no mínimo, 60 lux de iluminância em 50% do ambiente durante 70% das horas do ano (ELETROBRAS PROCEL, 2013; BRASIL, 2012).

Apesar de todas essas recomendações, percebe-se, todavia, que a etiquetagem pelo RTQ-R valoriza mais outros fatores como o desempenho térmico da envoltória e a eficiência dos sistemas de aquecimento de água, do que a iluminação. O aproveitamento da LN deveria ser tratado com maior relevância, visto que se trata de um recurso disponível, e quando captado de forma correta, gera economia, conforto e melhor qualidade de vida aos usuários.

2.5.3 Código de Obras de Santa Maria

A Lei Complementar N° 070, de 04 de novembro 2009, dispõe sobre o Código de Obras e Edificações do Município de Santa Maria (SANTA MARIA, 2009a), e aponta princípios que devem reger todo e qualquer tipo de construção, reforma ou ampliação realizada no perímetro urbano do município, visando, dentre outros objetivos, garantir condições básicas de conforto e segurança nas obras, estabelecer normas relacionadas à documentação, bem como, direitos e responsabilidades de todas as partes envolvidas no processo, inclusive do poder público.

Com relação aos critérios mínimos exigidos no que diz respeito à iluminação natural de edificações residenciais, o Código estabelece que todos os ambientes devem ser iluminados através de vãos que abram diretamente para o exterior, com exceção de sanitários, circulações e depósitos, que podem ser iluminados artificialmente. Ainda, são especificadas áreas mínimas para os vãos de iluminação em função da área do compartimento, sendo a relação de

1/6 para os ambientes considerados principais (dormitório e sala), e 1/12 para os ambientes secundários (cozinha, área de serviços, circulação e sanitário). Na ocorrência de ambientes integrados, esse cálculo deve ser feito de acordo com a área total do ambiente e das aberturas existentes para iluminação (vãos) (SANTA MARIA, 2009a).

2.5.4 Lei de Uso do Solo de Santa Maria (LUOS)

A Lei Complementar nº 072, de 04 de novembro de 2009 institui a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), parcelamento, perímetro urbano e sistema viário do município de Santa Maria. Dentre as diretrizes presentes na LUOS que interferem na disponibilidade de LN no interior das edificações, destaca-se a especificação de afastamentos mínimos.

Segundo consta em Santa Maria (2009b, p. 5) a altura da edificação “é a medida computada tomando-se como parâmetro superior a laje do forro do último pavimento ocupado e como parâmetro inferior a cota do pavimento térreo” e ainda, “quando num lote existir mais de um bloco, o afastamento entre eles será o somatório dos afastamentos de cada face a ventilar e iluminar voltada para a área em comum”. Considerando essas informações, a Lei determina que os ambientes de uso secundário¹⁵, com exceção dos banheiros, sejam naturalmente iluminados, e a altura da face a iluminar dividida por nove (h/9) é a referência para determinação do círculo que indica o afastamento mínimo das edificações. Porém, esse afastamento nunca deve ser inferior a 2 metros em faces de até 13 metros de altura, ou de 3 metros em faces acima de 13 metros de altura.

Por sua vez, os compartimentos considerados como de uso principal (quarto e sala) devem sempre estar possibilitados de receber luz naturalmente, respeitando os afastamento presentes nos anexos 6 e 16 da Lei, sendo o primeiro referente aos índices urbanísticos do 1º Distrito (Sede), enquanto o 16 diz respeito aos demais distritos presentes no município. Todavia, independentemente da Zona em que se encontra a edificação analisada (segundo Anexo 10 da LUOS – Zoneamento Urbanístico do 1º Distrito), os afastamentos entre compartimentos de uso principal devem possibilitar a inserção de dois círculos com diâmetros a 2 metros em faces de até 13 metros de altura, ou de 3 metros em faces acima de 13 metros de altura, conforme pode ser visto na Figura 11 (SANTA MARIA, 2009b).

¹⁵ “Compartimentos com permanência reduzida, tais como: áreas de serviço e cozinhas de uso residencial, circulações, garagens, banheiros, lavabos, vestiários, depósitos (exceto em casos específicos) e todos os compartimentos de instalação especial que não requerem tempo prolongado.” (SANTA MARIA, 2009b, p. 5).

dos edifícios estudados) e, posteriormente, foi escolhida uma subamostra de 27 UH para a realização da análise e avaliação técnica.

Nesta APO, os procedimentos adotados para aferir a insolação foram estudos por meio das cartas solares, que permitiu verificar os horários de insolação e os traçados das máscaras, e avaliar os efeitos das obstruções externas. Com relação à iluminação natural, foram feitas simulações para os distintos ambientes da UH por meio do programa computacional Daylight, desenvolvido pelo *Department of Built Environment*, da Anglia Polytechnic, da Inglaterra. Também foram feitas medições dos níveis de iluminâncias internas e externas por meio de luxímetro (ROMERO; ORNSTEIN, 2003).

Ao realizar a APO do Edifício Residencial Montreal em São Paulo, SP, projetado pelo arquiteto Oscar Niemeyer, Moísinho Filho (2008) desenvolveu uma pesquisa em duas etapas - avaliação técnica e avaliação comportamental - com o objetivo de avaliar questões de conforto térmico, acústico e de iluminação. A avaliação técnica baseou-se no método conhecido como *walkthrough*, e foi composta de observações realizadas por técnicos avaliadores, simulação computacional do desempenho térmico e medições do nível de iluminância nos apartamentos. Os resultados foram comparados com leis, normas e trabalhos científicos da área.

A avaliação comportamental, por sua vez, fundamentou-se em aplicação de questionários aos usuários, com a presença ou não do pesquisador. Considerando que o edifício possui 21 pavimentos e 230 apartamentos kitchenettes, 120 distribuídos do 1º ao 10º andar e 110 no 11º ao 21º pavimento, os critérios de escolha da amostra foram: 1) 30 UH abaixo do 10º andar e 30 acima do 11º; 2) 20 UH voltadas para a fachada da Rua Casper Líbero, 20 para a fachada da Avenida Ipiranga e 20 para a fachada do cruzamento das duas vias.

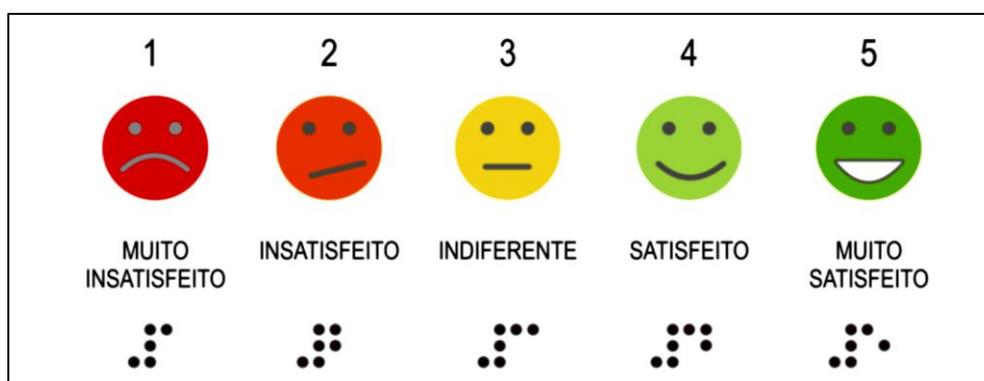
Dessa forma, foram distribuídos 60 questionários, e obteve-se 31 válidos, um acima do número mínimo para dar credibilidade aos resultados, satisfazendo a 13,5% do universo analisado. “Uma amostra com, no mínimo, 30 casos tende a ser suficiente para revelar a existência de correlações, já que, na estatística não-paramétrica, tal tamanho de amostra tende a possibilitar a aplicação de um teste estatístico de maneira adequada” (LAY; REIS, 2005, p. 29). Com base em diagnósticos elaborados a partir do cruzamento entre dados obtidos de observações dos técnicos e da opinião dos usuários, foram detectados pontos positivos e negativos no edifício, apresentaram-se soluções para os problemas encontrados e medidas preventivas para futuros projetos semelhantes (MOISINHO FILHO, 2008).

Em 2013, Loss (2013) estudou a percepção dos moradores de Curitiba com relação à iluminação artificial de ambientes residenciais de descanso. Além dos dados teóricos, realizou medições técnicas e entrevistas, procurando identificar preferências e hábitos dos moradores em relação à iluminação no período noturno. Os dados coletados foram relacionados com a revisão bibliográfica, obtendo considerações relevantes sobre a percepção, satisfação e preferências dos usuários em relação à iluminação artificial, tipo e quantidade de luminárias e lâmpadas, permitindo a comparação dos dados de iluminância coletados com os níveis recomendados pelas normas e dos dados de iluminação projetada por profissional.

No ano seguinte, a pesquisa desenvolvida por Moraes et al. (2014), com foco na satisfação dos usuários de HIS, teve como objetivo avaliar a qualidade dos produtos entregues pelo PMCMV no estado do Ceará. O estudo classifica-se como levantamento (*survey*) e utiliza questionário estruturado, aplicado face a face, como método de coleta de dados. Este procedimento consiste na aplicação de um questionário, cujas respostas devem ser fornecidas no formato de notas (de 1 a 5), baseado na escala *Likert*¹⁶.

Foi desenvolvido um dispositivo visual como ferramenta de apoio na aplicação da técnica de coleta de dados, onde cada nota foi relacionada a um grau de satisfação em ordem crescente: 1 corresponde a muito insatisfeito, 2 corresponde a insatisfeito, 3 corresponde a nem satisfeito, nem insatisfeito, 4 corresponde a satisfeito e 5 corresponde a muito satisfeito (Figura 12). A versão definitiva dos questionários foi aplicada em 364 UH, dentre as 5.136 UH entregues pelo PMCMV no estado do Ceará.

Figura 12 – Exemplo de dispositivo visual para questionários.



Fonte: MORAIS et al., 2014.

¹⁶ Tipo de escala de resposta psicométrica usada habitualmente em questionários, e é a escala mais usada em pesquisas de opinião. Com essa escala, os respondentes especificam seu nível de concordância com uma afirmação. (LIKERT, 1932)

Também em 2014, Jaramillo (2014) desenvolveu uma pesquisa para avaliar as alterações na distribuição da LN causadas pelos agrupamentos de estudantes em salas de aula. Foram realizadas simulações estáticas através do software APOLUX, e simulações dinâmicas por meio do Plug-in DIVA-for-Rhino¹⁷, que permitiu obter dados de disponibilidade de irradiação solar nos planos de trabalho. As simulações se basearam em uma sala de aula hipotética, com diferentes configurações de agrupamentos, e os resultados foram comparados com o de uma sala de aula vazia. Foi possível identificar que o estado de ocupação ou não da sala gera pouca influência no desempenho da LN, e que os resultados mais significativos são decorrentes do tipo de agrupamento adotado.

O programa de computação APOLUX também foi utilizado num estudo que avaliou o nível de eficiência energética e o potencial de economia de energia dos sistemas de iluminação do edifício do Tribunal de Contas do Paraná. Foram desenvolvidas avaliações a partir de Requisitos Técnicos da Qualidade do Nível de Eficiência Energética para Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos (RTQ-C). Com o uso do APOLUX, foram realizadas análises da incidência solar através dos brises e da iluminância resultante da iluminação artificial. As investigações permitiram conhecer o grande potencial de economia energética do edifício, em torno de 64% (PINTO, 2014).

Leder et al. (2015) analisaram os impactos causados pelas variações das aberturas no desempenho da LN de ambientes de uma HIS, em diferentes localidades no estado da Paraíba, considerando diferentes condições climáticas. Foram avaliadas aberturas com dimensões expressas como percentual de área do piso (15%, 30% e 45%) e testados fechamentos de vidro, veneziana de madeira e misto. O método utilizado foi simulação natural, através do programa Daysim¹⁸, e os parâmetros utilizados foram o DA e UDI. Foram observadas grandes variações ao comparar os modelos estudados, evidenciando a influência que a escolha do tipo adequado de esquadria tem no desempenho da iluminação natural dos ambientes. Verificou-se a importância de se caracterizar o desempenho de diferentes configurações de aberturas, para a adequação das normas às condições de cada local.

Em trabalho desenvolvido por Beck et al. (2016), o objetivo foi analisar desempenho da iluminação natural de uma sala de informática do Curso de Arquitetura e Urbanismo da UFSC, em Florianópolis/SC, através de simulação computacional, de medições in loco com luxímetro e de aplicação de questionários para identificar as percepções visuais dos alunos.

¹⁷ O DIVA-for-Rhino é um plug-in de modelagem de energia e iluminação natural altamente otimizado para o modelador Rhinoceros. Disponível para download em: <http://diva4rhino.com/download>

¹⁸ Disponível em: <https://daysim.ning.com/>

Foi utilizado o programa computacional LightStanza¹⁹, que permite simular a iluminação natural de ambientes construídos com base em cinco medidas dinâmicas: Continuous Daylight Autonomy (cDA)²⁰, Annual Sunlight Exposure (ASE)²¹ e, DA, UDI e sDA já citadas anteriormente (item 2.2.3).

Foram relacionados os dados da percepção do usuário, das medidas de iluminância e das medidas dinâmicas de desempenho. Após a análise dos resultados obtidos, foi proposta a substituição dos brises existentes por prateleiras de luz, o que tornou o ambiente mais homogêneo quanto à iluminação natural (BECK et al.,2016).

Dado o exposto, percebe-se que conhecer outros estudos que já foram colocados em prática e se aproximar de trabalhos que englobam os assuntos apresentados nesta pesquisa foi determinante para descobrir as estratégias que nortearam o trabalho. Esse contato propiciou uma visão ampla do tema, e embasou a delimitação dos métodos que foram empregados para a realização da avaliação do desempenho da iluminação natural do CRV, expostos no capítulo 3 desta pesquisa.

¹⁹ Disponível em: <http://lightstanza.com/>

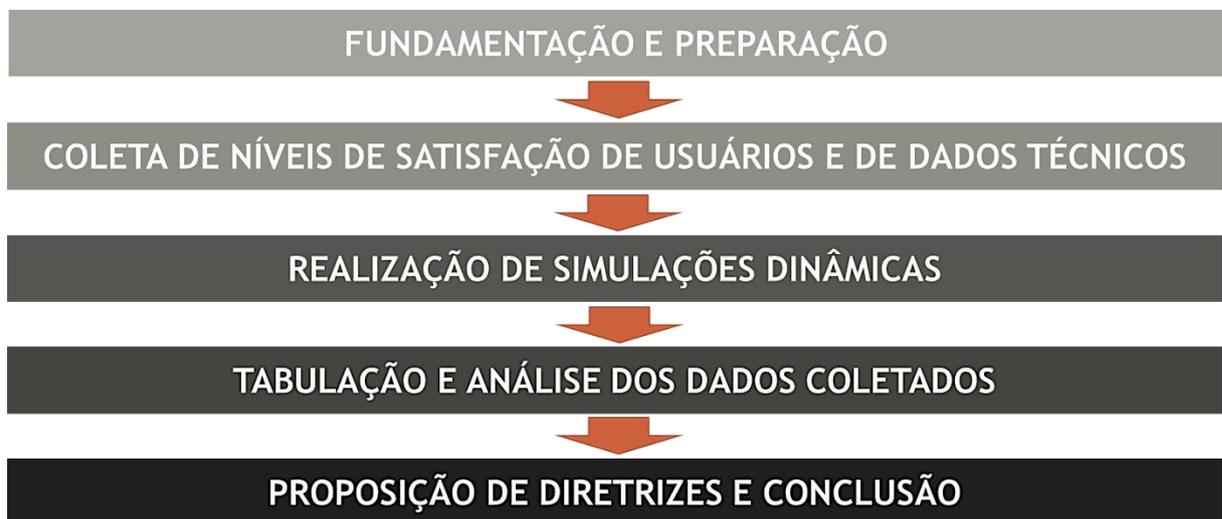
²⁰ “É dado como um crédito parcial às partes de tempo em que a luz encontra-se abaixo do nível mínimo de iluminância.” (BECK et al., 2016, p. 526).

²¹ Oferece “a percentagem da área analisada que excede um nível específico de luz solar direta para um determinado número de horas por ano.” (BECK et al., 2016, p. 526).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Foi aplicado um conjunto de metodologias baseadas em técnicas reconhecidas de APO, que vão desde a descoberta do nível de satisfação dos usuários, através de uma avaliação comportamental, até análises técnicas das condições encontradas do interior das edificações. Para que se atinjam os objetivos pré-estabelecidos, a pesquisa foi organizada e desenvolvida de acordo com as seguintes etapas principais, conforme esquema e subitens ilustrados na Figura 13.

Figura 13 – Síntese das etapas metodológicas para desenvolvimento da pesquisa.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO E PREPARAÇÃO

A primeira etapa do trabalho está diretamente relacionada ao desenvolvimento das bases que dão suporte à pesquisa. Esse estágio do estudo foi organizado em subgrupos, conforme esquema ilustrado na Figura 14, e para o melhor esclarecimento de como esse processo foi avançando, cada fase que o compreende será descrita a seguir.

Figura 14 – Esquema da etapa de fundamentação e preparação.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

3.1.1 Levantamento Bibliográfico

Com tema geral definido, o estudo da iluminação natural de habitações multifamiliares de interesse social, foi realizada uma busca por possíveis objetos de estudo localizados na cidade de Santa Maria que se enquadrassem nas características pretendidas. Foi selecionado o CRV, único conjunto habitacional de edificações multifamiliares pertencente ao PMCMV, escolhido em virtude da relevância do programa para o contexto da provisão habitacional de interesse social no Brasil, e por ser um empreendimento de amplo reconhecimento devido ao seu caráter social. A partir disso, foram obtidas informações gerais, localização geográfica e dados socioeconômicos dos moradores (descritos no item 2.1.2), e foi identificado o público-alvo do estudo, composto de beneficiários da primeira faixa do programa, o que caracteriza, portanto, famílias de baixa renda.

Foi realizado um aprofundamento teórico a partir da consulta a referências bibliográficas científicas (livros, artigos em periódicos, teses, dissertações), o que possibilitou a definição das estratégias de pesquisa, que se basearam na aplicação de técnicas de APO voltadas ao estudo da iluminação natural. Tais procedimentos metodológicos foram divididos em dois grupos: análise da satisfação dos usuários e análise técnica do desempenho das fontes de LN.

Para a realização dessas análises, foi necessária uma busca por metodologias de APO utilizadas em outros estudos para a avaliação da LN, e então, adaptadas à realidade vivenciada no CRV. Foram escolhidas as seguintes ferramentas técnicas para coleta de dados: contato com pessoas-chave, questionário para usuários, levantamento através de fichas técnicas,

registros fotográficos e simulação computacional. Também foram usadas leis e normas vigentes, dentre elas a NBR 15575, o RTQ-C, o Código de Obras de Santa Maria e a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), para verificar a adequação do projeto arquitetônico, no que tange à iluminação natural, a esses documentos. Tais normativas possuem parâmetros que avaliam e influenciam na qualidade da LN no interior dos ambientes, e que posteriormente consolidaram as avaliações técnicas a partir dos dados coletados.

3.1.2 Primeiros Contatos e Autorização Institucional

Encaminhou-se um levantamento preliminar de campo, primeiramente, com o intuito de afirmar a viabilidade de realização da pesquisa. Consistiu, basicamente, nos contatos iniciais com os sujeitos e os objetos do estudo em desenvolvimento. Nesse momento, em busca de uma melhor compreensão do CRV, foi possível aproximar-se das realidades e conflitos vivenciados, utilizando-se de métodos de observação, levantamento fotográfico (Figura 15) e contato com pessoas-chave ligadas ao empreendimento, dentre elas o síndico, um representante da empresa JRS Condomínios, responsável pela administração do condomínio, além de alguns funcionários.

Figura 15 – Blocos de apartamentos (ESQUERDA) e salão de festas (DIREITA).



Fonte: Arquivo pessoal, 2016.

Em maio de 2017, foi realizada uma reunião com o síndico e com o representante da JRS, onde foram expostos os objetivos e as características do estudo, e as atividades que seriam desenvolvidas no CRV. Na ocasião, foi assinada por ambos uma Autorização Institucional (APÊNDICE A) para a realização da pesquisa.

3.1.3 Levantamento Arquitetônico

O primeiro contato com o projeto arquitetônico e com documentos complementares relativos ao CRV se deu através de uma consulta ao acervo de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria, onde foi possível o levantamento e registro fotográfico das vias físicas de todo o material, que é de acesso público. Dentre os arquivos disponíveis no acervo, foram catalogados: plantas baixas, cortes e fachadas; memoriais descritivos da obra; anotações de responsabilidade técnica (ART) de projeto e de execução; certidão de matrícula do terreno (Nº 115.839); licença para construção; resumo de informações urbanísticas.

O acesso ao projeto original possibilitou o levantamento de diversos dados, fundamentais para a posterior verificação dos requisitos mínimos presentes nas normas vigentes. As informações gerais coletadas foram:

- a) implantação do conjunto residencial, com posicionamento de todos os blocos;
- b) projeto arquitetônico de os edifícios;
- c) disposição e programa arquitetônico de cada UH, com dimensões de cada ambiente (área e medidas, em m² e m, respectivamente);
- d) verificação das orientações em relação aos pontos cardeais;
- e) verificação dos afastamentos utilizados, para posterior análise a partir da Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS);
- f) área útil de cada compartimento das UH;
- g) dimensão do pé-direito;
- h) dimensões das esquadrias e tipo de esquadrias utilizadas em cada ambiente que permitiram estabelecer as áreas efetivas de iluminação para avaliação dos requisitos do RTQ-R e Código de Obras Municipal; e
- i) confirmação do número total de UH.

Esse levantamento preliminar teve como objetivo, principalmente, a obtenção de dados iniciais sobre o projeto arquitetônico do CRV e o estabelecimento de parâmetros que possibilitaram as análises técnicas, além da determinação da abrangência da pesquisa, população e amostra.

3.1.4 Determinação da Amostra

Para definição da amostra, foi utilizada como referência Romero e Ornstein (2003). Nesta pesquisa, já citada anteriormente, foram abordadas aplicações de conceitos e de

procedimentos metodológicos de APO, utilizando como estudo de caso o Conjunto Habitacional Jardim São Luís, em São Paulo.

Devido à similaridade no número total de UH do CRV (420 UH) e da área na qual se concentrou a APO do Conjunto Habitacional Jardim São Luís (416 UH), seria possível, adotar as mesmas amostras aplicadas por Romero e Ornstein (2003), tanto para a avaliação comportamental quanto para as avaliações técnicas.

Ainda assim, optou-se por constatar o tamanho mínimo amostral, por meio de cálculos estatísticos, de acordo com a Equação 3.

$$n = \frac{z_{\alpha/2}^2 \cdot \hat{p} \cdot \hat{q} \cdot N}{e^2(N - 1) + z_{\alpha/2}^2 \cdot \hat{p} \cdot \hat{q}} \quad (3)$$

Onde:

$Z(\alpha/2)$	(Valor Tabelado para Distribuição Normal Padrão)	1,96
p	(Percentual Estimado)	0,5
$q = 1 - p$	(Complemento de p)	0,5
e	(Erro Amostral Considerado – 10%)	0,1
a	(Nível de Significância)	0,05
N	(População)	420

Seguindo a equação acima, considerando-se uma população (N) de 420 UH e um erro amostral de até 10%, o resultado encontrado para a amostra mínima (n) foram 79 UH para a avaliação comportamental, ou seja, duas a menos do que na APO desenvolvida no Jardim São Luís, assegurando-se uma coerência para os padrões adotados no estudo do CRV. Então, para a realização das avaliações técnicas baseadas nas simulações e na avaliação das características físicas das unidades a partir das normas vigentes, foi definida a mesma subamostra proposta por Romero e Ornstein (2003), ou seja, pelo menos 27 UH analisadas. Sendo assim, as amostras mínimas foram 79 UH, para aplicação dos questionários, e 27 UH, para as avaliações técnicas.

Para as avaliações técnicas, foram definidos dois ambientes a serem analisados: o dormitório principal e o ambiente integrado (sala, cozinha, lavanderia e circulação). Foram escolhidos esses dois ambientes pelo fato da sala e quartos serem considerados como ambientes de permanência prolongada pelo RTQ-R, e ambientes principais pelo Código de Obras e pela LUOS, e também porque o RTQ-R, a NBR 15575 e as normas municipais

permitem que os banheiros sejam iluminados artificialmente. Ainda, pelo fato de ambos os dormitórios possuírem situações muito semelhantes, e em virtude das simulações computacionais exigirem muito tempo de execução, optou-se por simular apenas o dormitório principal, estendendo para as demais análises esse mesmo critério.

3.2 COLETA DE NÍVEIS DE SATISFAÇÃO DE USUÁRIOS E DE DADOS TÉCNICOS

Para a coleta de dados que objetivaram descobrir os níveis de satisfação dos usuários e seu comportamento no interior das UH, foi predefinido um questionário, aplicado com a presença do pesquisador. Optou-se pela presença do pesquisador porque ela possibilita captar informações com praticamente qualquer tipo de respondentes – analfabetos, alfabetizados, crianças, adolescentes, adultos e idosos – o que não ocorre quando os questionários são enviados ou deixados com os participantes para que respondam sozinhos (REA; PARKER, 2002).

Como esta etapa da pesquisa se desenvolveu no segundo semestre de 2017, os moradores, salvo raras exceções, já estavam vivendo há, no mínimo, cinco anos em seus apartamentos²². Portanto, tempo suficiente para que já tenham um conjunto de impressões formadas sobre a iluminação natural das suas unidades habitacionais, pois já acompanharam as variações e vivenciaram a disponibilidade dessa fonte de luz durante todas as épocas do ano.

Nos questionários, as dimensões da percepção subjetiva dos usuários foram mensuradas, em sua maioria, por meio de escalas tipo *Likert*. Essa abordagem tem como objetivo quantificar a percepção coletada em escalas e permitir comparações entre quesitos, dimensões e indivíduos. Ainda, oferece “a possibilidade de estender as métricas da pesquisa para médias regionais ou de grupos, conforme a amostragem” (FREITAS; CAMARGO, 2014, p. 24). De acordo com essa formulação conceitual, foi adotada uma escala que vai de 1 a 5, sendo: score 5 para quando a iluminação for considerada excelente, 4, para quando for considerada boa, 3, para quando for considerada regular, 2, para quando for considerada ruim e 1, para quando for considerada péssima (Figura 16).

²² Para realização da APO, Blumenschein et al. (2015) utilizaram como critério de escolha dos estudos de caso moradias com pelo menos dois anos de uso.

Figura 16 – Exemplo de formulação de questões.

Você acha a iluminação natural do seu apartamento:

				
(1) Péssima	(2) Ruim	(3) Regular	(4) Boa	(5) Excelente

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Antes de se colocar em prática a aplicação dos questionários, para verificar a eficiência do instrumento de coleta de dados, foi realizado um método preliminar chamado pré-teste, uma aplicação piloto entre os moradores dos blocos E e F (Figura 17) do próprio CRV. Foram escolhidos esses dois blocos por possuírem uma implantação, com relação à orientação solar, diferente dos demais que constituem o conjunto. Posteriormente, ambos ficaram fora da coleta e avaliação final, ou seja, seus moradores não participaram como respondentes da versão final dos questionários, e não foram realizadas análises técnicas dessas UH.

Figura 17 – Local de aplicação do pré-teste.



Fonte: Acervo de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria. Desenvolvido pela autora.

Nesse pré-teste, foi adotado um número mínimo de quatro questionários, dois em cada prédio. A partir disso, identificou-se a necessidade de algumas alterações no questionário

preestabelecido, e foi possível realizar melhorias na metodologia empregada. Com a versão final do questionário (APÊNDICE D), foi realizada a aplicação entre os demais moradores das HIS em estudo, de acordo com o tratamento estatístico apresentado anteriormente para a determinação da amostra, que exigia um mínimo de 79 UH participantes. As aplicações foram feitas em três dias diferentes, com aproximadamente 30 questionários por dia, totalizando, por fim, uma abrangência de 89 UH, 10 acima do mínimo exigido.

A parte da pesquisa envolvendo seres humanos foi aprovada pelo Comitê de Ética da Universidade Federal de Santa Maria, e todos os respondentes tiveram que assinar um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), concordando em participar do estudo, nos termos da pesquisa (APÊNDICE C). Os moradores, respondentes do questionário pré-teste, também assinaram o TCLE. A atuação dos participantes foi como colaboradores voluntários, e a aplicação dos questionários ocorreu na UH de cada respondente.

Havia a possibilidade de ocorrer desconfortos ou riscos - cansaço, estresse e constrangimento - durante a aplicação dos questionários. Para evitar esse tipo de incômodo, ficou garantida aos respondentes a possibilidade de suspensão do exercício, de não aceitar participar ou de retirar a permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão. Ficou claro que os benefícios esperados com o estudo eram melhorias para o CRV e para seus moradores, bem como para futuros empreendimentos semelhantes.

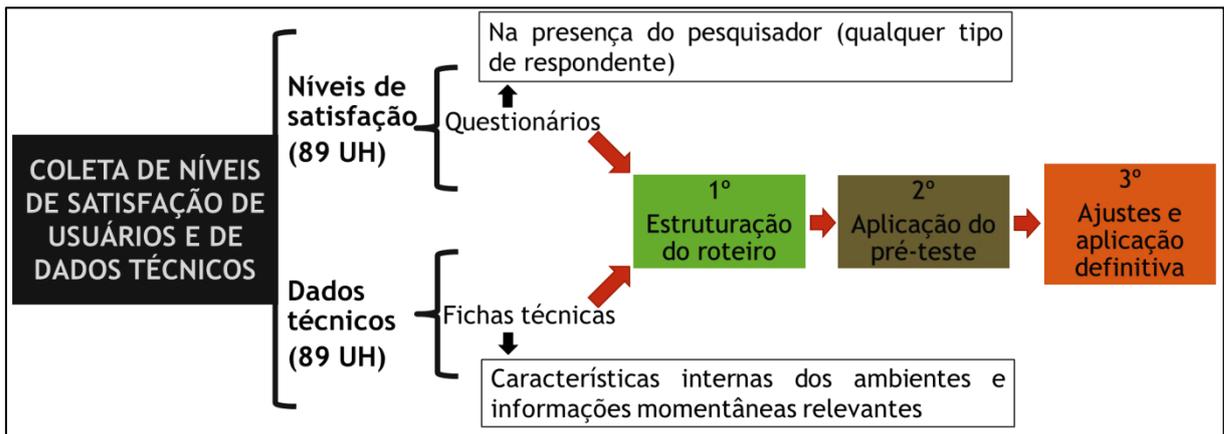
Durante todo o período da pesquisa, os respondentes tinham a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer esclarecimento. Para isso, poderiam entrar em contato com algum dos pesquisadores responsáveis pelo estudo ou com o Comitê de Ética da UFSM. As informações desta pesquisa são confidenciais e podem ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos respondentes, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo de cada um deles. Os questionários foram transcritos e todas as informações coletadas serão mantidas em arquivo físico e digital, sob guarda do pesquisador responsável, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Os gastos necessários para a participação de cada voluntário foram assumidos pelos pesquisadores, sendo que ficou, também, garantida indenização em caso de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa.

Esse momento do estudo também foi aproveitado para registrar características do ambiente interno e detectar quais poderiam vir a contribuir para a realização das avaliações técnicas, como por exemplo: a existência ou não de incidência de radiação direta ou sombreamento e identificação de aspectos físicos dos ambientes, dentre eles, cores, acabamentos, posicionamento de mobiliário. Para isso, utilizou-se de fichas técnicas

(APÊNDICE E) para sistematizar as informações, sendo que esses levantamentos foram realizados em todas as unidades visitadas, totalizando 89 fichas, bem acima do mínimo de 27 UH, conforme determinação da subamostra. Assim, o processo que compreendeu a coleta de dados a campo se deu conforme esquema representado na Figura 18.

Figura 18 – Esquema para aplicação de questionários e vistorias.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

A aplicação dos questionários e a coleta de dados através de fichas técnicas foram realizadas por uma equipe de quatro pessoas, composta pela pesquisadora e demais alunos integrantes do grupo de pesquisa, que foram previamente treinados para que fosse mantido o mesmo tratamento entre os usuários e na coleta de dados de cada UH vistoriada. A fim de otimizar o tempo de aplicação, a equipe dividiu-se em duas duplas, onde uma pessoa era responsável pelo levantamento das informações técnicas e a outra pela aplicação do questionário com o usuário. Isso fez com que as coletas em cada UH fossem concluídas num intervalo de no máximo 10 minutos.

3.3 REALIZAÇÃO DE SIMULAÇÕES DINÂMICAS

Esta etapa da pesquisa corresponde à execução da simulação das condições de iluminação natural para os distintos ambientes das UH avaliadas. Para o desenvolvimento das simulações dinâmicas, optou-se pela utilização do programa computacional APOLUX IV, já apresentado na revisão bibliográfica, e que permite realizar avaliações de desempenho lumínico de edificações. Dentre os indicadores de desempenho que o programa disponibiliza, serão analisados o DA e o UDI.

Em virtude das simulações computacionais exigirem muito tempo de execução, optou-se por simular apenas o que foi chamado no estudo de situação mais desfavorável, que são as UH posicionadas nos dois eixos centrais, com os menores afastamentos entre blocos, o que impede a radiação solar direta em determinados horários do ano. O objetivo é avaliar a iluminação natural nos diferentes pavimentos e orientações, e descobrir as influências causadas por esse entorno imediato (Figura 19).

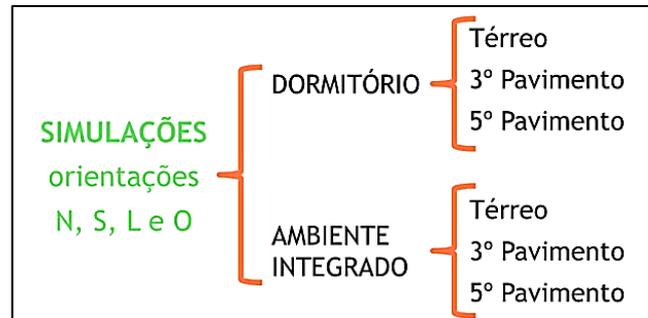
Figura 19 – Localização das UH simuladas.



Fonte: Acervo de projetos da Prefeitura Municipal de Santa Maria. Desenvolvido pela autora.

Foram realizados, seguindo esquema exposto na Figura 20, um total de 24 simulações de iluminação natural, sendo 12 do dormitório principal e 12 do ambiente integrado, nas quatro diferentes orientações, no térreo (pavimento inferior), 3º pavimento (intermediário) e 5º pavimento (superior). Porém, por ser exatamente a mesma situação de outras unidades do conjunto (orientação solar e mesmo entorno), essas simulações representam um total de 48 unidades simuladas.

Figura 20 – Esquema seguido para realização das simulações dinâmicas.



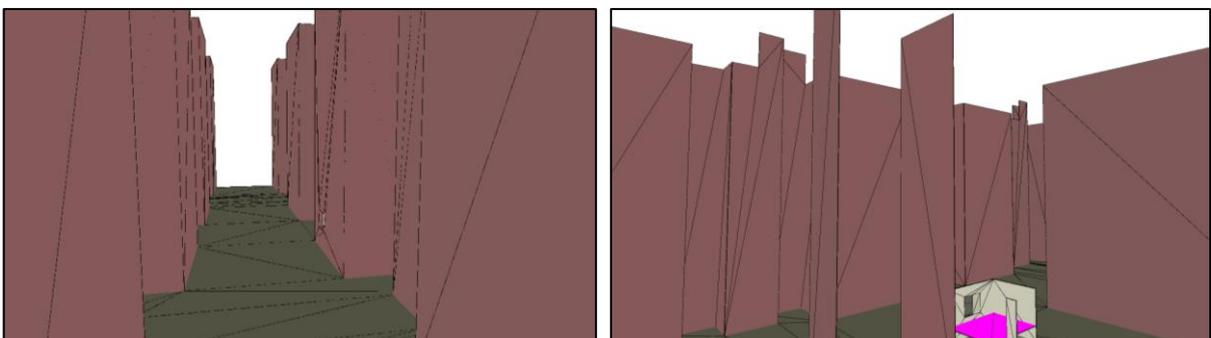
Fonte: Desenvolvido pela autora.

A seguir foi elaborado um roteiro com os passos seguidos para a realização das simulações, e descrição dos parâmetros adotados.

3.3.1 Modelagem

Para a construção dos modelos 3D dos ambientes analisados (dormitório principal e ambiente integrado), foi utilizado o programa computacional *Sketchup Pro 2017*. Foram modelados os ambientes posicionando-os nos três diferentes pavimentos – térreo, terceiro e quinto pavimento – e foram consideradas todas as orientações (Norte, Sul, Leste e Oeste). Além de cada ambiente propriamente dito, foi construído também o entorno imediato de cada UH, conforme é possível visualizar na Figura 21.

Figura 21 – Vistas da modelagem do entorno imediato das UH avaliadas.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

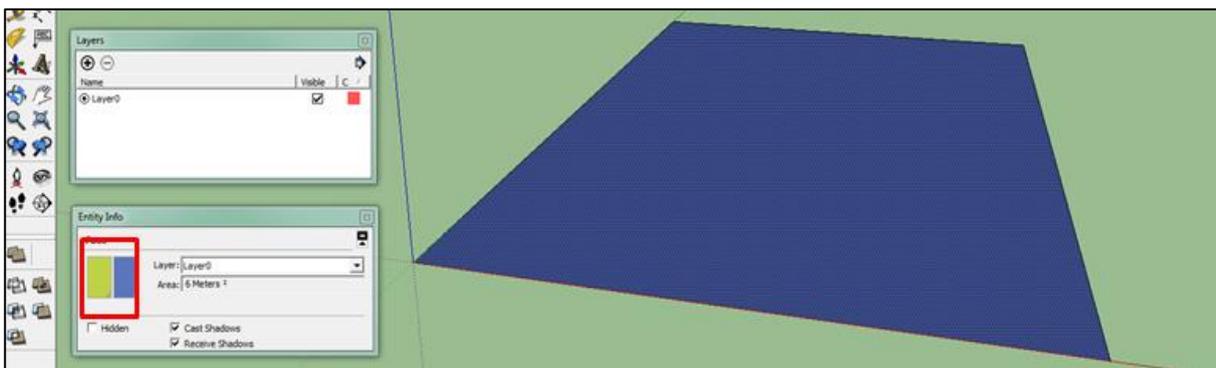
O processo de modelagem se deu seguindo alguns procedimentos. Em primeiro lugar, o 3D foi desenvolvido utilizando diferentes cores de camadas (layers) para cada material. É

importante que as cores adotadas sejam diferentes entre si, mas, nesse momento, essas cores não precisam ter relação com o material que estão representando, já que as propriedades óticas dos materiais são atribuídas posteriormente, no próprio APOLUX. No programa Sketchup, as camadas foram divididas de acordo com os materiais e com as seguintes denominações: TETO, PAREDES, PISO_CIMENTO, CERAMICA, PORTAS, VIDRO, PERSIANA, PISO_EXTERNO, PISO_EXTERNO_2, FACHADA_DOS_PREDIOS, FACHADA_DOS_PREDIOS_2.

Tanto o piso externo quanto a fachada dos prédios foram divididos em duas camadas diferentes, com cores distintas. Foi feito um planejamento de acordo com a forma que se pretendia realizar, posteriormente, o fracionamento das superfícies no módulo FOTON. Os planos de piso e fachadas que interferiam mais na iluminação interna sofreriam um índice de fracionamento maior, e para isso, precisavam estar separados por níveis.

Após a modelagem, foi verificado o sentido das faces que compõe o modelo, que puderam ser invertidas de acordo com a necessidade. No APOLUX, cada face ou superfície possui apenas um lado visível. No *Sketchup*, na janela de entidades, o lado visível é o que possui a cor presente no primeiro retângulo (verde limão), portanto, no exemplo abaixo (Figura 22), o lado azul é o lado invisível.

Figura 22 – Identificação da face visível no Sketchup.



Fonte: PORTAL APOLUX, 2018.

Os arquivos em formato DXF foram gerados exportando apenas as faces, isso porque para o APOLUX, outros objetos que compõe o modelo (como linhas, por exemplo) podem ser descartados. Em seguida, esses arquivos de formato DXF foram abertos no programa AutoCAD, onde foi modelado o plano de análise a 75 cm acima do piso, com layer de cor magenta, e esse nível ficou denominado como PLANO_ANALISE.

Com a finalização da modelagem, os arquivos salvos em formato DXF foram abertos na primeira interface presente no programa APOLUX, o Fractal. A partir disso, conforme segue no próximo subitem, foram especificadas outras características necessárias para o preparo dos modelos e projetos para a segunda e última interface do programa, o módulo FOTON.

3.3.2 Preparação do Modelo no Módulo Fractal

Para que o modelo de espaço tridimensional pudesse ser processado pelo módulo FOTON, foram realizadas algumas operações em sequência. Primeiramente, no módulo Fractal, após aberto o arquivo, foi verificada a existência ou não de elementos inválidos (Relatório > Objetos DXF > Inválidos). Com isso, foi possível identificar os erros que apareceram no relatório e corrigi-los através da filtragem do modelo, realizada apenas salvando novamente o arquivo (Arquivo > Salvar DXF).

O modelo, agora filtrado, foi salvo com a extensão .MDL, que é um estágio intermediário de configuração, antes do fracionamento. Posteriormente foram determinados os fatores de divisão ou de fracionamento. Conforme apresentado na Tabela 2, foi adotado um valor de fracionamento diferente para cada nível (layer) que compõe o modelo, e a área máxima total do fracionamento foi de 0,05 m².

Tabela 2 – Parâmetros de fracionamento aplicados no Módulo Fractal do APOLUX.

NÍVEIS	FATOR DE DIVISÃO	ÁREA MÁXIMA FRACIONADA
TETO	3,0	0,05
PAREDES	6,0	
PISO_CIMENTO	6,0	
CERAMICA	6,0	
PORTAS	6,0	
VIDRO	0,0	
PERSIANA	6,0	
PISO_EXTERNO	0,2	
PISO_EXTERNO_2	0,0	
FACHADA_DOS_PREDIOS	0,2	
FACHADA_DOS_PREDIOS_2	0,0	
PLANO_ANALISE	3,0	

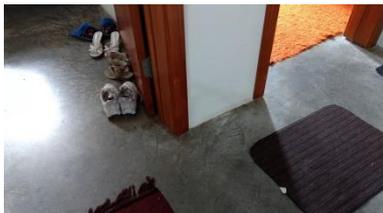
Fonte: Desenvolvido pela autora.

O fracionamento resultou num número total de 7.302 vértices de cálculo para o dormitório principal, sendo que desses, 383 correspondem a vértices do plano de análise. No ambiente integrado, o fracionamento resultou em 12.860 vértices, dos quais 843 são vértices de análise. Depois de realizado o fracionamento, a última ação no Módulo Fractal foi salvar os arquivos na extensão .PJ4, que é a única extensão aceita no módulo FOTON. Essa extensão configura o projeto propriamente dito. O projeto poderia carregar também as informações relativas às características dos materiais, mas nesse caso, se optou por determinar as propriedades óticas dos materiais no módulo FOTON.

3.3.3 Simulação no Módulo FOTON

Após abrir o projeto no módulo FOTON, foram adotados os critérios de refletância dos materiais, conforme suas características físicas. Os ambientes em análise das UH do CRV foram considerados conforme seus materiais (revestimentos e cores) originais, ou seja, com as características existentes no momento em que foram entregues aos usuários. Nas imagens abaixo (Figura 23) é possível verificar uma UH do CRV que permanece original, sem nenhuma alteração, e foi utilizada de parâmetro para a definição das propriedades óticas dos materiais.

Figura 23 – Materiais e acabamentos internos considerados nas simulações.

		
Paredes com reboco e pintura branca	Piso dos dormitórios, sala e circulação em cimento queimado	Teto de todos os ambientes pintado de branco
		
Piso da cozinha/lavanderia em cerâmica branca e cinza	Meia parede da cozinha/lavanderia em cerâmica branca e cinza	Paredes do dormitório brancas, e janelas com persiana brancas

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Cada material foi carregado no módulo FOTON com um número de referência relativo à cor aplicada na modelagem. Por isso, foram alteradas as denominações de todos os materiais seguindo os mesmos padrões adotados no Sketchup, e que constam na Tabela 2. As propriedades óticas foram divididas em três grupos - Opaco Difuso, Uniforme Luminância Relativa ao Céu e Transmissor Especular – e as especificações foram realizadas segundo parâmetros apresentados na Tabela 3.

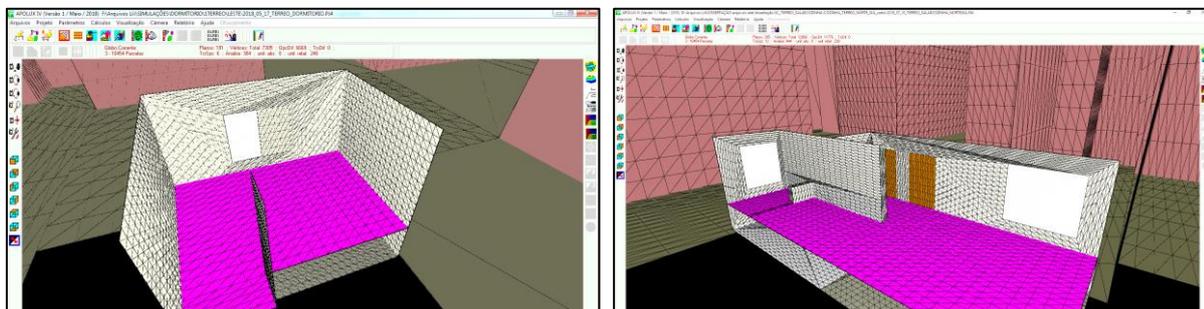
Tabela 3 – Propriedades óticas dos materiais.

MATERIAL	PROPRIEDADES	PERFIL RGB			R*	A*	T*
TETO	Opaco Difuso	78	78	70	75	25	-
PAREDES	Opaco Difuso	78	78	70	75	25	-
PISO_CIMENTO	Opaco Difuso	42	42	38	40	60	-
CERAMICA	Opaco Difuso	60	60	60	60	-	-
PORTAS	Opaco Difuso	55	36	0	30	70	-
VIDRO	Transmissor Especular	86	85	99	-	10	90
PERSIANA	Opaco Difuso	73	73	64	70	30	-
PISO_EXTERNO	Opaco Difuso	32	32	26	30	70	-
PISO_EXTERNO_2	Uniforme Luminância Relativa ao Céu	32	32	26	30	70	-
FACHADA_DOS_PREDIOS	Opaco Difuso	50	35	35	40	60	-
FACHADA_DOS_PREDIOS_2	Uniforme Luminância Relativa ao Céu	50	35	35	40	60	-
PLANO_ANALISE	Opaco Difuso	100	0	100	86	34	-

Fonte: Desenvolvido pela autora. Nota: R*- Refletância Média (%); A – Absorção Média (%); T – Transmitância Média (%).

Depois de definidas todas as propriedades no primeiro arquivo de projeto trabalhado, foi salva a lista de materiais (formato .MTR), que posteriormente foi carregada e utilizada nos outros projetos desenvolvidos, simplificando essa parte do processo. Na Figura 24, é possível observar a representação gráfica de um dormitório principal e de um ambiente integrado, ambos localizados no pavimento térreo, com seus materiais e fracionamentos definidos.

Figura 24 – Dormitório principal e ambiente integrado com materiais e fracionamentos, no módulo FOTON.

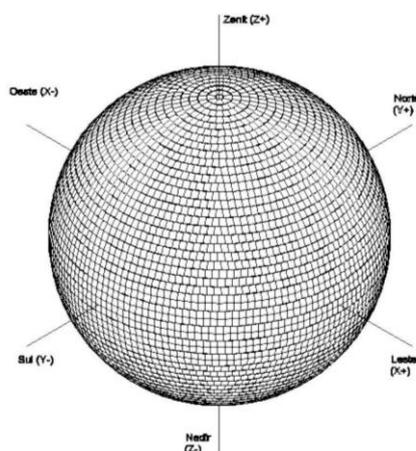


Fonte: Desenvolvido pela autora.

Após configuração dos materiais, é possível definir os planos de análise, ou seja, quais níveis do projeto serão avaliados durante os cálculos de iluminação. Nesse caso, foi selecionado o nível já denominado como PLANO_ANALISE, representado pela superfície em magenta na Figura 24, e que fica a 75 cm de altura em relação ao piso, altura que está em conformidade com a NBR15575 (ABNT, 2013a) e RTQ-R (BRASIL, 2012).

Outro parâmetro que deve ser determinado antes do início dos cálculos é o Globo, que representa, basicamente, uma esfera dividida em faixas homogêneas (Figura 25). “O número de faixas que identifica cada globo corresponde à metade da esfera, que representa a abóbada” (CUNHA, 2011). As opções do APOLUX para divisão do Globo variam de 1 até 8, sendo 1 a menor resolução disponível, e 8 a maior resolução disponível. Para o presente estudo, foi adotado o Globo 6, que corresponde à uma subdivisão em 52.670 parcelas (90 faixas), com margem de erro que fica em torno de 5% de acordo com Cunha (2011).

Figura 25 – Exemplo de globo dividido em 30 faixas em cada hemisfério.



Fonte: Claro (1998).

Com relação aos parâmetros da Abóbada CIE, foram aplicadas as coordenadas geográficas da cidade de Santa Maria (RS), cujos dados de localização já estavam presentes no software: latitude 29°68'; longitude 53°80'; e altitude 151 metros. O posicionamento do Norte (Azimute + Y do projeto) foi definido posteriormente, para cada uma das quatro orientações calculadas.

Após a inclusão desses padrões no módulo FOTON, deu-se início ao Cálculo da Visibilidade, que “envolve a definição das relações de visualização entre as diferentes parcelas de superfície do projeto” (JARAMILLO, 2014, p. 55). Foi selecionado o Modo Simples de cálculo, que determina um fluxo médio do perfil RGB, como refletâncias médias. Concluídos os cálculos de Visibilidade, foi especificado o Norte em Parâmetros da Abóbada, e então foi dado início ao cálculo dos Coeficientes de Luz Natural, usando o Método pelos Vértices do Projeto, exclusivo do programa APOLUX, e que é calculado através de Coeficientes de Radiosidade. Para cada cálculo foram definidos em 10 o Número de Ciclos para Radiosidade e, conforme estudo de Cunha (2011), em 30% a Refletância do Solo.

Com a determinação dos Coeficientes de Radiosidade, foi possível iniciar a Estimativa Anual de Luz Natural (EALN) para cada um dos ambientes avaliados, utilizando o arquivo climático digital da cidade de Santa Maria, do tipo SWERA.epw, descrito em linhas correspondentes a intervalos horários de 1 hora, num total de 8.760 horas, obtido através do portal do LabEEE da Universidade Federal de Santa Catarina, onde são disponibilizados arquivos climáticos de diversas cidades brasileiras (PORTAL LabEEE, 2018).

Para as simulações realizadas, foi considerado o período diário compreendido entre 6 horas e 18 horas, o que corresponde, em média, 12 horas por dia e 4.380 horas ao longo do ano (4.129 horas anuais, de fato, foram processadas). Essa diferença pode ocorrer em virtude do sol estar, em determinados momentos do intervalo de horas considerado, muito próximo do horizonte, ou mesmo em função de algum dado inconsistente que é automaticamente descartado pelo programa (CLARO, 2015, p. 122).

Após essas definições, foi convertido o arquivo de *Steps*²³, e criado um diretório para armazenar os arquivos dos cálculos da EALN. Novamente, foi determinado o número de ciclos em 10 e a refletância do solo em 30%, além de faixas superior e inferior para DA (sendo DA1 = 120 lux; e DA2 = 60 lux)²⁴, e limites inferior, médio e superior para UDI,

²³ “O arquivo de *steps* contém todas as descrições do arquivo climático já interpoladas, quando for o caso de criar subdivisões nos intervalos de tempo.” (CLARO, 2015, p. 94).

²⁴ DA1 e DA2 representam a porcentagem das horas calculadas em que o ponto tem iluminância igual ou superior ao valor estipulado em cada nível. Para esse estudo, 120 lux e 60 lux, respectivamente.

estipulados em 60 lux, 120 lux e 2.000 lux²⁵, respectivamente. O parâmetro de 60 lux como limite inferior, tanto para DA quanto para UDI foi definido pelo fato de ser esse o critério presente na NBR 15575 e no RTQ-R, enquanto que 120 lux é o limite considerado superior também na NBR 15575 (BRASIL, 2012; ABNT, 2013a). O Quadro 2 apresenta o resumo dos parâmetros usados na simulação com o Módulo FOTON do APOLUX.

Quadro 2 – Resumo dos parâmetros de simulação adotados no Módulo FOTON.

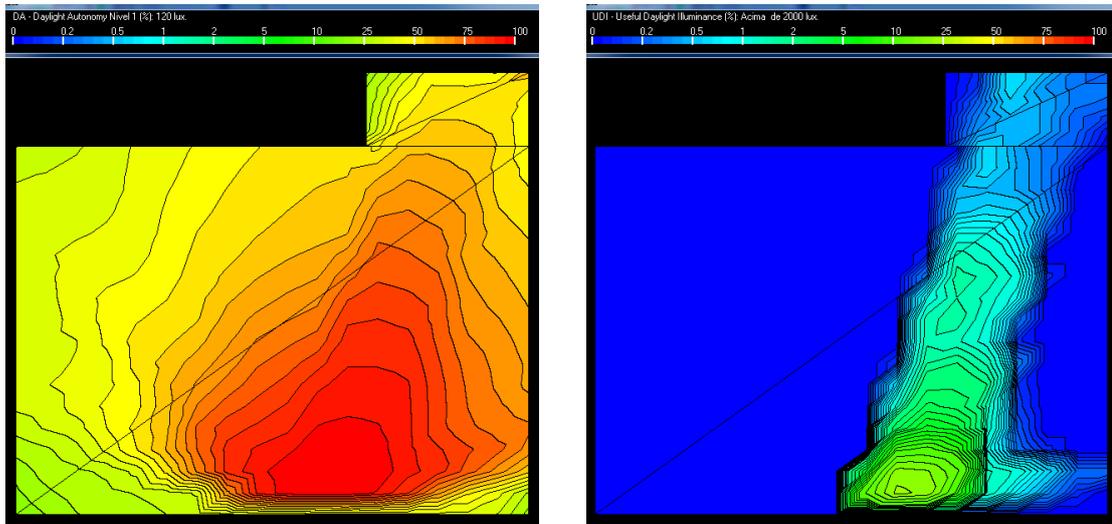
CONDIÇÕES	PARÂMETROS ADOTADOS
PERÍODO DE SIMULAÇÃO	Todos os dias do ano, das 6 às 18hs
CONDIÇÃO DE CÉU	Céu dinâmico
ORIENTAÇÃO SOLAR	Todas as orientações
LOCALIZAÇÃO DOS AMBIENTES	Ambientes no térreo, 3º e 5 pavimentos
CONDIÇÃO DAS JANELAS	Totalmente abertas
CONDIÇÃO DAS LUZES	Todas desligadas
GLOBO	Globo 6 (52.670 parcelas - 90 faixas)
COORDENADAS GEOGRÁFICAS (ABÓBADA)	Lat. 29°68' Long. 53°80' e Alt. 151 m
VALORES PARA DA	60 e 120
VALORES PARA UDI	60, 120 e 2000
NÚMERO DE CICLOS	10 ciclos
REFLETÂNCIA DO SOLO	30%

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Além disso, a simulação dinâmica gerou um arquivo com formato solu.txt, que posteriormente foi convertido em formato de planilha do Excel (*Microsoft Excel 2010*), contendo os resultados numéricos obtidos através das métricas utilizadas. Dentre os resultados que o programa APOLUX disponibilizou após o cálculo, estão os parâmetros adotados para a simulação; os resultados para DA1 e DA2, correspondentes aos dois patamares de DA adotados; o percentual de horas em que os vértices do projeto se encontram em cada faixa de UDI, dentre outras informações sobre a LN que não serão analisadas neste estudo. Depois de finalizado o cálculo da EALN, também é possível obter os gráficos resultantes para cada faixa estimada, como, por exemplo, para DA1 (percentual do tempo igual ou superior a 120 lux) e para UDI acima de 2.000 lux (UDIsup), como é possível verificar na imagem que segue (Figura 26).

²⁵ De acordo com Moraes e Pereira (2011), 2.000 lux é o limite máximo de iluminância no plano de trabalho que pode ser considerado confortável.

Figura 26 –DA1 de 120 lux (ESQUERDA) e UDI_{sup} acima de 2.000 lux (DIREITA).



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Dos 24 procedimentos de simulação realizados, alguns executados para o ambiente integrado, que é mais complexo, chegaram a levar mais de 48 horas calculando. Isso tornou inviável realizar simulações testando diferentes cores, texturas e mobiliário no interior dos ambientes. Por isso, apesar de algumas UH do CRV já terem sofrido alterações internas no decorrer do tempo de uso, como já foi dito anteriormente, as simulações basearam-se apenas nas características originais dos apartamentos, sem considerar mobiliário, para investigar as condições de LN das HIS conforme foram entregues aos usuários. Em alguns casos, nas UH modificadas, esse fator pode não retratar com exatidão a realidade existente, porém, se buscou ser fiel às características originais, inclusive modelando os edifícios presentes no entorno imediato.

3.4 TABULAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS

3.4.1 Avaliação dos Dados Coletados nos Questionários e Fichas Técnicas

Os dados coletados por meio dos questionários e das fichas técnicas foram tabulados em arquivo de formato Planilha do Excel, o que permitiu a análise das médias das respostas e a mensuração dos demais resultados, apresentados nesse estudo por meio de gráficos e de quadros, acompanhados de análises descritivas.

As respostas encontradas nos questionários possibilitaram avaliar o nível de satisfação dos moradores do CRV com relação à iluminação natural de sua UH como um todo, e

também, especificamente, com relação a cada ambiente analisado, que foram abordados no questionário, ou seja, dormitório principal, sala e cozinha/lavanderia. Para cada ambiente, houve resultados de satisfação para o turno da manhã e da tarde, o que permitiu a análise das variações da iluminação de acordo com o passar do dia.

Através da avaliação das respostas dos usuários, também foi possível identificar motivos que poderiam estar levando os moradores a ligar as luzes durante o dia, e concluído se existe algum período do ano, turno do dia, ou outra condição física que está influenciando no uso da luz artificial, e conseqüentemente, no aumento do consumo de energia. Além disso, foram levantadas quais as atividades que são desenvolvidas em cada ambiente analisado, observando se existe alguma que possa fugir ao padrão de atividades comumente encontrado em ambientes residenciais. Por exemplo, no caso da existência de atividades manuais que exijam maior acuidade visual, é importante a recomendação de níveis mais altos de iluminamento.

Das informações coletadas nas fichas técnicas, optou-se por analisar apenas as informações relativas às cores das superfícies internas (piso, parede e teto) e do mobiliário, por serem as mais pertinentes na análise que está sendo desenvolvida, deixando para um próximo estudo as demais avaliações que poderiam ser desenvolvidas, devido ao grande número de variáveis já existentes. Por exemplo, nesse momento não foi realizada a análise da disposição do mobiliário em função da iluminação natural, pelo fato de se observar, durante as visitas técnicas, que o posicionamento dos móveis ocorre, no CRV, principalmente, em função da área disponível, não variando significativamente de UH para UH.

Ainda, como durante 2/3 da coleta de dados, o céu se encontrava parcialmente encoberto (dias 30/9/2018 e 16/10/2018) e em 1/3 se encontrava claro (23/10/2018), conforme é possível verificar na Figura 27, as condições de disponibilidade de LN do céu não seguiram um padrão, e por isso, não foi possível verificar, por exemplo, as influências do sombreamento e radiação solar igualmente em todas as unidades.

Figura 27 – Imagens das condições de céu para os três dias de coleta de dados.



Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Já que se tratava de conclusões momentâneas no ato do levantamento, para que se pudesse ter uma resposta fiel ao que estava se propondo cada questão, era necessária a ocorrência de céu claro durante todos os dias de coleta de dados. Por esse motivo, algumas informações resultantes das fichas técnicas não foram analisadas, como por exemplo, a ocorrência de cortinas abertas ou fechadas, de radiação solar direta; ou sombreamento causado por algum prédio.

Foi realizado um cruzamento de informações a fim de descobrir quais variáveis poderiam estar influenciando nas respostas a respeito do nível de satisfação dos usuários. Dentre os critérios analisados, foi verificado: o andar onde está localizada a UH; a orientação solar da UH; as cores do mobiliário; e se os respondentes possuíam ou não algum problema de visão.

Para o aprofundamento desta análise, foi desenvolvido um modelo probabilístico com base no delineamento amostral, denominado Modelo Logito de Razão Contínua²⁶, realizado a partir do software R²⁷ versão 3.4.3. Tal modelo explica a ocorrência dos dados obtidos, fundamentando as inferências de interesse, ou seja, possibilita compreender quais variáveis tiveram maior influência nos níveis de satisfação, tanto positiva quanto negativamente. Desse modo, ao se identificar os fatores mais relevantes, é possível entender o comportamento da LN sob a ótica dos usuários e definir estratégias para melhorar o seu desempenho no interior das UH.

3.4.2 Avaliação dos Vãos Mínimos de Iluminação e da Altura das Aberturas

O percentual mínimo dos vãos de iluminação para ambientes residenciais está presente tanto no RTQ-R quanto no Código de Obras do município de Santa Maria (BRASIL, 2012; SANTA MARIA, 2009a). Para a avaliação do atendimento às normas através dos vãos livres de iluminação natural existentes nos ambientes em estudo, foram levantados os seguintes dados:

- a) área útil do ambiente, em m²;
- b) descrição da abertura existente, tipo e dimensões, em m²;

²⁶ Este modelo foi proposto por Feinberg (1980) e é utilizado em aplicações nas quais as categorias de resposta são sequenciais, ou seja, as categorias são ordenadas de tal forma que possam ser alcançadas apenas sucessivamente.

²⁷ Versão pública disponível em: <http://cran-r.c3sl.ufpr.br/>.

- c) área do vão livre exigida pelo RTQ-R, medida em m² (exigência de 12,5% ou 1/8 do piso, apenas para compartimentos chamados de ambientes de permanência prolongada: dormitórios e sala);
- d) área do vão livre exigida pelo Código de Obras, medida em m², que varia conforme o uso do ambiente (exigência de 1/6 para ambientes principais – dormitórios e sala - e 1/12 para os demais ambientes); e
- e) área do vão livre existente, medida em m² e em %, conforme Figura 28, onde o vão de abertura para iluminação é representado pela área branca da posição 2 (nesse caso, foi descontado a área da esquadria referente ao caixilho e venezianas, a partir de dados estimados em função do tipo de esquadria, de acordo com os padrões e percentuais contidos no ANEXO II do RTQ-R).

Figura 28 – Vão livre de iluminação em esquadria com três folhas de correr.



Fonte: ELETROBRAS PROCEL, 2012.

Foram avaliadas as áreas de aberturas considerando-se a soma das áreas úteis da sala, circulação, cozinha e lavanderia, por se tratarem de ambientes integrados. Segundo o Código de Obras (SANTA MARIA, 2009, p. 28), “nos ambientes integrados, permitidos, o vão de iluminação e ventilação deve ser igual à soma dos vãos de iluminação e ventilação das dependências que integrarem e formarem o conjunto.”. Da mesma forma, de acordo com o RTQ-R (BRASIL, 2012, p. 5), “varandas fechadas com vidro, cozinhas ou outros ambientes que não possuam separação através de parede ou divisória até o forro com ambientes de permanência prolongada são considerados extensão dos ambientes contíguos a eles”.

Além disso, a NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) faz recomendações quanto à altura dos peitoris e da cota da testeira de janelas, isso porque o posicionamento das esquadrias em

relação à altura, na parede, influencia na eficiência da LN no interior dos ambientes. Para verificar o atendimento a esses critérios, foram necessárias as informações que seguem:

- a) altura dos peitoris das esquadrias presentes nos ambientes analisados, em cm (a Norma de Desempenho indica que os peitoris tenham no máximo 100 cm de altura); e
- b) altura da cota das testeiras dos vãos, em cm (deve ser de no máximo 220 cm de altura a partir do piso, segundo Norma).

Dessa forma, a partir do levantamento de todos os subsídios que possibilitaram as avaliações, foram verificados se os vãos livres de iluminação natural das esquadrias existentes em cada um dos ambientes analisados atendia ou não aos requisitos do RTQ-R e do Código de Obras do município de Santa Maria, bem como, se as alturas desses vãos estavam de acordo com as recomendações da NBR15575, já que ambas são características que interferem na disponibilidade de LN no interior dos ambientes.

3.4.3 Avaliação dos Índices de Refletância do Teto e da Profundidade do Ambiente em Relação à Abertura

O RTQ-R recomenda que cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e lavanderia tenha refletância do teto acima de 60%. Portanto, com relação a esse parâmetro, foram levantadas as cores empregadas em todos os ambientes que foram considerados nesse estudo e adotados como parâmetro para análise os índices de refletância média de cores e materiais descritos em Osram (2018), conforme segue abaixo (Tabela 4):

Tabela 4 – Coeficiente de reflexão de alguns materiais e cores.

CORES / MATERIAIS	REFLETÂNCIA
BRANCO	70...80%
AMARELO CLARO	55...65%
ROSA	45...50%
CINZA CLARO	40...45%
AZUL ESCURO	10...15%
PRETO	5...10%
CIMENTO	15...40%

Fonte: OSRAM (2018, p. 20).

Já no que diz respeito à relação entre a profundidade dos ambientes de permanência prolongada e a altura da verga da abertura, foi realizada a análise do dormitório principal e do ambiente integrado (sala, cozinha e lavanderia) das UH, sendo que, no caso do ambiente integrado, que possui mais de uma janela voltada para o exterior, foi considerada a relação com menor profundidade, de acordo com as orientações presentes no RTQ-R (BRASIL, 2012, P. 102). Seguindo o regulamento, as profundidades dos ambientes foram avaliadas a partir da Equação 4.

$$P \leq 2,4 \cdot h_a \quad (4)$$

Onde:

P : profundidade do ambiente (m);

h_a : distância entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos.

O RTQ-R indica que a maioria dos ambientes de permanência prolongada deve atender a essa relação. Sendo assim, para essa avaliação, foi apurado se pelo menos 50% mais 1 atende ao critério determinado no regulamento.

3.4.4 Avaliação dos Afastamentos Mínimos

A Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria (LUOS) (SANTA MARIA, 2009b) estabelece afastamentos mínimos que devem ser atendidos para possibilitar uma iluminação natural adequada nos ambientes. Para avaliação do atendimento a este critério, foram consultados os Anexos 10 e 6 da Lei, sendo o primeiro, para determinar a localização do CRV no Mapa do Zoneamento Urbanístico do 1º Distrito, e o segundo, para verificar os Índices Urbanísticos da Zona, e mais especificamente, os afastamentos exigidos para a Zona.

Sendo assim, primeiramente foram levantadas as seguintes informações:

- a) altura da edificação, que é a “medida computada tomando-se como parâmetro superior a laje do forro do último pavimento ocupado e como parâmetro inferior a cota do pavimento térreo” (SANTA MARIA, 2009b, p. 5), informada em metros;
- b) zona onde está localizado o Conjunto Residencial Videiras;
- c) afastamentos mínimos das divisas;
- d) afastamentos mínimos entre ambientes principais; e

e) afastamentos mínimos entre ambientes de uso secundário.

Verificou-se que o CRV está localizado na Zona 4 e possui uma altura de 14,30 metros. Dessa forma, tem como critérios mínimos de afastamentos que podem influenciar na disponibilidade de LN:

- a) nas divisas, para edificações com mais de 13 metros de altura, a altura da face dividida por cinco ($h/5$), nunca deve ser inferior a 3 metros;
- b) em casos em que os compartimentos principais ficam voltados um para o outro, o afastamento mínimo total exigido entre as edificações é de 6 metros (dois círculos de 3 metros de diâmetro), a fim de evitar a ocorrência de sombreamento nas unidades habitacionais; e
- c) em casos em que os compartimentos secundários ficam voltados um para o outro, a altura da face a iluminar dividida por nove ($h/9$) é a referência para determinação do círculo que indica o afastamento mínimo entre as edificações, e esse afastamento nunca deve ser inferior a 3 metros (devido a altura dos edifícios ser maior que 13 metros).

Com essas informações em mãos, foi possível realizar as análises desejadas, e concluir se o CRV está de acordo com as determinações da Lei de Uso e Ocupação do solo de Santa Maria, no que diz respeito ao atendimento aos afastamentos mínimos exigidos.

3.4.5 Avaliação dos Resultados Obtidos nas Simulações

Para investigar a respeito do desempenho lumínico das UH e avaliar os resultados obtidos por meio das simulações dinâmicas, foram desenvolvidas avaliações baseadas em análises desenvolvidas por Nascimento (2016) e, bem como, nos níveis de iluminação natural recomendados pelo RTQ-R e NBR 15575, já que ambas as normativas estão em vigor atualmente e são referência para eficiência energética das edificações.

Por meio da simulação computacional, a NBR 15575 estabelece níveis mínimos de iluminância natural para as diferentes dependências habitacionais. Verificou-se, primeiramente, quais são as exigências para os espaços que estão sendo analisados, e ficou constatado que o critério mínimo é de 60 lux e critério superior é de 120 lux, para ambos os ambientes, conforme apresentado na Tabela 5.

Tabela 5 – Pré-requisitos da NBR 15.575 para os ambientes analisados.

AMBIENTE	PRÉ-REQUISITOS DA NBR 15.575	
	M*	S*
Dormitório Principal	≥ 60 lux	≥ 120 lux
Ambiente Integrado (Sala / Cozinha / Lavanderia / Circ.)	≥ 60 lux	≥ 120 lux

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013a). Editado pela autora. Nota: M*- Critério Mínimo Obrigatório; S - Nível de Desempenho Superior.

Para os mesmos ambientes (de permanência prolongada, cozinha e lavanderia), o RTQ-R exige que, pelo menos, 50% mais 1 alcancem 60 lux de iluminância em 70% de área interna, durante 70% das horas do ano, conforme foi organizado na Tabela 6.

Tabela 6 – Pré-requisitos do RTQ-R para os ambientes analisados.

AMBIENTE	ÁREA (m ²)	PRÉ-REQUISITOS DO RTQ-R		
		M*	70% do ambiente (m ²)	70% das horas do ano
Dormitório Principal	9,11	≥ 60 lux	6,38	6.132 horas
Ambiente Integrado (Sala / Cozinha / Lavanderia / Circ.)	20,85	≥ 60 lux	14,59	6.132 horas

Fonte: RTQ-R, 2012. Editado pela autora. Nota: M*- Critério Mínimo.

Sendo assim, através dos resultados obtidos para as faixas de DA1 (120 lux) e DA2 (60 lux), se descobriu até que ponto os ambientes estudados estão atendendo a esses pré-requisitos. Para isso, tais ambientes foram avaliados conforme Quadro 3, tendo como base os critérios abaixo:

- porcentagem de horas em que os ambientes atingem no mínimo 60 lux (DA2);
- porcentagem de área do ambiente (PA_{da2}) que atende no mínimo 60 lux em pelo menos 70% das horas do ano;
- porcentagem de horas em que os ambientes atingem 120 lux (DA1); e
- porcentagem de área do ambiente (PA_{da1}) em que atende ao nível superior de 120 lux em pelo menos 70% da horas do ano.

Quadro 3 – Método de avaliação a partir dos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e NBR 15575.

AMBIENTE	NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA	DA2 (%) de horas com no mínimo 60lx	PAda2 (%) de área com no mínimo 60lx 70% h/ano	DA1 (%) de horas com no mínimo 120lx	PAda1 (%) de área com no mínimo 120lx 70% h/ano	ATENDE
AMBIENTES SIMULADOS	60	DA2 ≥ 70%	PAda2 ≥ 70%	–	–	SIM OU NÃO
	120	–	–	DA1 ≥ 70%	PAda1 ≥ 70%	SIM OU NÃO

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Além disso, foi feita uma classificação dos ambientes baseada em Nascimento (2016), adaptada para este estudo, conforme é possível visualizar no Quadro 4. Os critérios de avaliação utilizados nessas análises fundamentam-se nos resultados obtidos para cada intervalo de UDI:

- porcentagem de horas do ano em que a iluminância está dentro dos intervalos aceitáveis para não causar desconforto, ou seja, 60 a 2.000 lux ($UDI_{inf} + UDI_{med}^{28} = PHudi1$); e
- porcentagem de horas no ano em que a iluminância está dentro do intervalo 120 – 2.000 lux. ($UDI_{med} = PHudi2$).

Quadro 4 – Método de classificação dos ambientes analisados por desempenho.

AMBIENTE	(PHudi1) UDI _{inf} + UDI _{med} Porcentagem de horas no intervalo 60 – 2.000lx	(PHudi2) UDI _{med} Porcentagem de horas no intervalo 120 – 2.000lx	CLASSIFICAÇÃO
AMBIENTES SIMULADOS	–	PHudi2 ≥ 80%	SUPERIOR
	PHudi1 ≥ 80%	–	INTERMEDIÁRIO
	70% ≤ PHudi1 < 80%	–	MÍNIMO
	PHudi1 < 70%	–	INSUFICIENTE

Fonte: Adaptado de Nascimento (2016).

²⁸ UDI_{inf} é a porcentagem do tempo em que o ponto está acima do limite inferior e abaixo do médio de UDI (60 a 120 lux) e UDI_{med} é a porcentagem do tempo em que o ponto está acima do limite médio e abaixo do superior de UDI (120 a 2000 lux) (PORTAL APOLUX, 2018).

Como se pode notar, a partir dos resultados gerados pelo APOLUX para cada faixa de DA e UDI, foi possível identificar a porcentagem de horas (PH) em que os ambientes atendem aos valores de iluminância exigidos e analisar o comportamento da iluminação natural ao longo do ano, com uso exclusivo da LN no ambiente, no intervalo das 6 às 18 horas. Em seguida, para encontrar os critérios de porcentagem de área (PA), foram somadas as áreas de todos os vértices que se encontravam dentro dos índices desejados.

Além disso, foram investigadas as influências sofridas em virtude da posição nos pavimentos e da orientação solar das unidades, observando a evolução dos mapas de iluminância e dos resultados numéricos gerados pelo programa, expostos em tabelas, gráficos e imagens.

3.4.6 Síntese das Análises Desenvolvidas e Diagnóstico Geral

Essa etapa da pesquisa teve como objetivo reunir e sintetizar, num diagnóstico mais geral, as análises parciais desenvolvidas sob cada aspecto avaliado da satisfação dos usuários e das investigações técnicas. Dessa forma, foram selecionadas as informações mais relevantes sobre os resultados obtidos, possibilitando executar o cruzamento das avaliações técnicas e comportamentais. Para o fechamento desta etapa, foi feita uma análise geral e conclusiva do desempenho da iluminação natural das UH, com identificação clara dos aspectos positivos e negativos detectados nos ambientes analisados, bem como, na própria legislação aplicada. Tais conclusões deram embasamento para: proposição de melhorias para o Conjunto Residencial Videiras; proposição de novas diretrizes de projeto; sugestões para a legislação empregada.

3.5 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES E CONCLUSÃO

Por fim, com o intuito de gerar informações a partir do ponto de vista técnico e da satisfação dos usuários, a última etapa que compõe a estrutura metodológica desta pesquisa diz respeito à proposição de diretrizes gerais, as quais englobam estratégias, de projeto ou pós-ocupação, que podem aprimorar o desempenho da LN de futuros empreendimentos semelhantes ou do próprio CRV, bem como, o apontamento crítico de possíveis melhorias na legislação.

Para isso, foi esquematizada uma relação com os aspectos positivos verificados, os quais podem ser replicados em novas edificações e projetos, além dos aspectos negativos que

também foram detectados, acompanhados das possíveis ações que poderiam ser tomadas em busca de melhores resultados sob o ponto de vista do conforto visual e qualidade de vida dos usuários, consumo de energia e eficiência energética das edificações, e contribuições críticas a respeito da legislação. Espera-se, a partir disso, que as diretrizes de projeto sejam aplicadas e que o uso dessas novas estratégias realmente se concretize.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 AVALIAÇÃO DOS DADOS COLETADOS NOS QUESTIONÁRIOS E FICHAS TÉCNICAS

4.1.1 Composição da Amostra

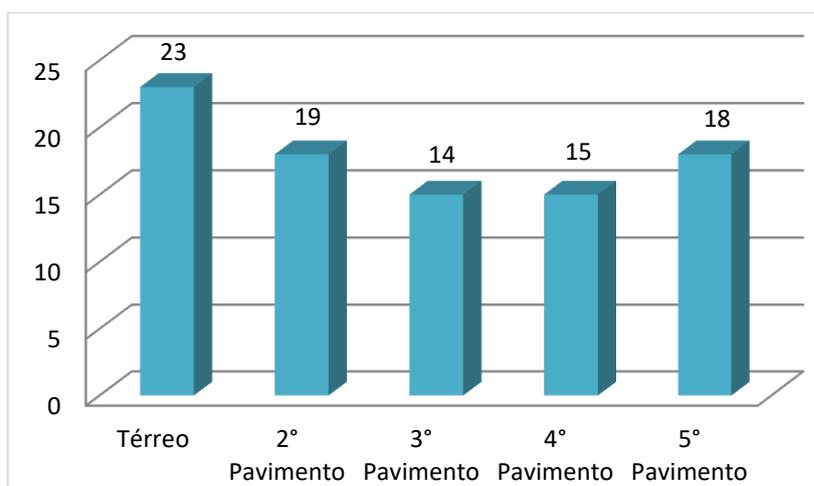
A coleta dos dados foi realizada no dia 30/09/17 das 13:00 horas às 17:15 horas, no dia 16/10/17 das 13:55 horas às 17:45 horas e, no dia 23/10/17 das 8:25 horas às 11:30 horas, abrangendo os dois turnos de iluminação natural, em três datas de aplicação, com horários entre as 8:25 horas da manhã até as 17:45 horas da tarde. Durante a coleta, em 58% do tempo o céu estava parcialmente encoberto, em 8% nublado e em 34% o céu estava claro. Por esse motivo, não se pode coletar dados momentâneos da influência de radiação solar direta ou sombreamento causado pelo entorno. A média de idades dos moradores respondentes foi de 48 anos, sendo que 82% eram do sexo feminino e 18% do sexo masculino. Como já era previsto, em média, os moradores residiam no CRV há 5 anos. Foi um total de 15 blocos (Figura 29) e 89 apartamentos vistoriados.

Figura 29 – Posicionamento dos blocos onde foram realizadas as coletas (em azul).



Fonte: Desenvolvido pela autora.

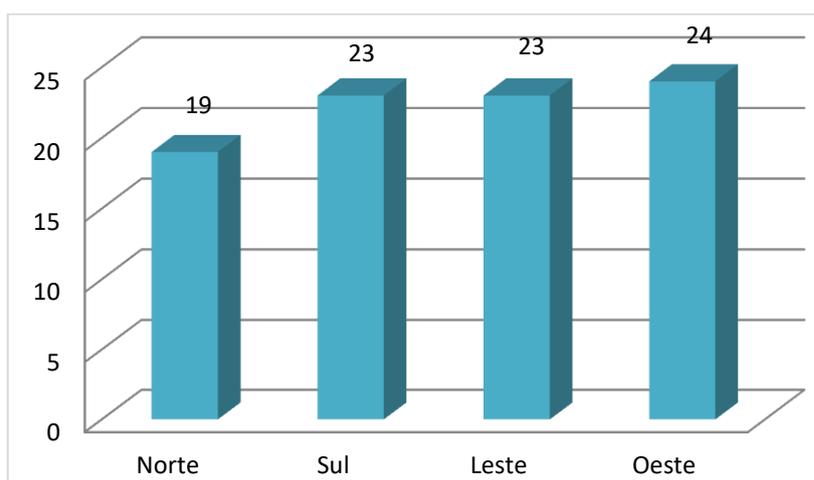
Gráfico 1 – Distribuição das 89 UH do CRV vistoriadas, por pavimento.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

O Gráfico 1 apresenta a distribuição por andares das 89 UH que participaram da coleta de dados. Nele pode-se observar a abrangência de todos os pavimentos que compõe os edifícios, sendo que o térreo apresenta o maior número de apartamentos observados nessa amostra e os 3° e 4° pavimentos foram obtidas as menores quantidades.

Gráfico 2 – Distribuição das 89 UH do CRV vistoriadas, por orientação solar.

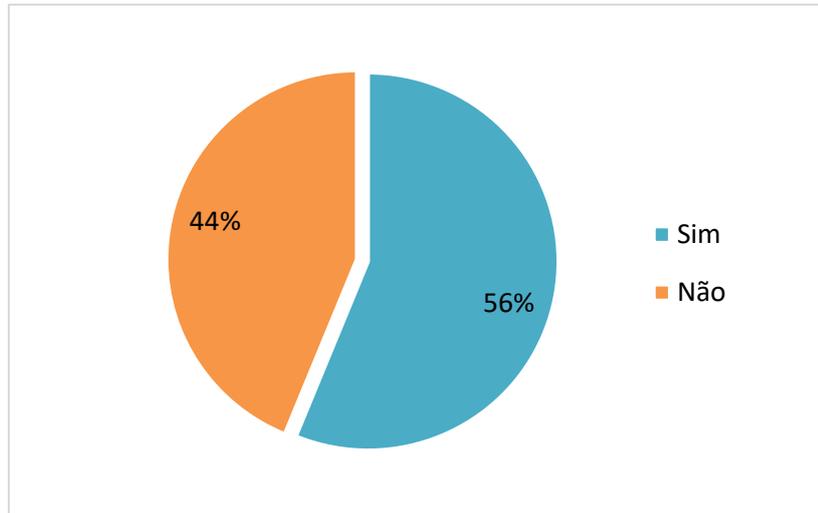


Fonte: Desenvolvido pela autora.

De acordo com o Gráfico 2, as 89 UH do CRV que compõe a amostra estão distribuídas equivalentemente no que diz respeito à orientação solar, sendo a maioria

orientada a Oeste e uma menor concentração na orientação Norte. Então, nesse sentido, foi colhido um bom volume de informações de todas as orientações.

Gráfico 3 – Percentual de usuários com algum problema de visão.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Um dado significativo, apresentado no Gráfico 3, é que 56% dos 89 usuários das UH do CRV que participaram da pesquisa possuem algum tipo de problema de visão. Esse número é consideravelmente elevado, e poderia ter reflexos na forma com que a iluminação é avaliada pelos usuários. Entretanto, não é possível estabelecer uma ligação direta da sensação de conforto lumínico com o tipo de problema visual enfrentado pelo participante, visto que a pouca instrução dos usuários não permitiu catalogar essa informação, pois a vasta maioria dos mesmos não soube denominar a deficiência visual que possuía.

Ainda, optou-se por investigar esse fator considerando a possibilidade de ocorrer algum ponto fora da curva tendência que pudesse ser explicado pela deficiência visual do usuário. No item 4.1.5 foi verificada como essa informação interferiu no nível de satisfação dos usuários do CRV.

Segundo Vargas (2009), “a luz que incide no sistema ocular humano propiciará a observação de formas, cores, espaço e movimento que se farão distinguir, principalmente, através da acuidade visual, da sensibilidade de percepção e da eficiência visual.” Vargas (2009) complementa que a percepção da luz é subjetiva e, por isso, permite diferentes interpretações e avaliações de um mesmo espaço físico.

Outra característica levantada foi a tonalidade das cores presentes nos ambientes vistoriados e que são alvo deste estudo. A Tabela 7 apresenta o número e percentual de vezes em que as tonalidades clara, média ou escura foram detectadas nas paredes, teto, piso e mobiliário.

Tabela 7 – Tonalidades das cores internas.

		CLARA		MÉDIA		ESCURA	
Sala	Parede	74	83%	14	16%	1	1%
	Teto	86	97%	3	3%	0	0%
	Piso	61	69%	20	22%	8	9%
	Móveis	11	12%	62	70%	16	18%
Cozinha e Lavanderia	Parede	76	85%	11	12%	2	2%
	Teto	86	97%	2	2%	1	1%
	Piso	81	91%	5	6%	3	3%
	Móveis	62	70%	24	27%	3	3%
Dormitório Principal	Parede	80	90%	9	10%	0	0%
	Teto	86	97%	3	3%	0	0%
	Piso	60	67%	20	22%	9	10%
	Móveis	21	23%	62	70%	6	7%

Fonte: Desenvolvido pela autora.

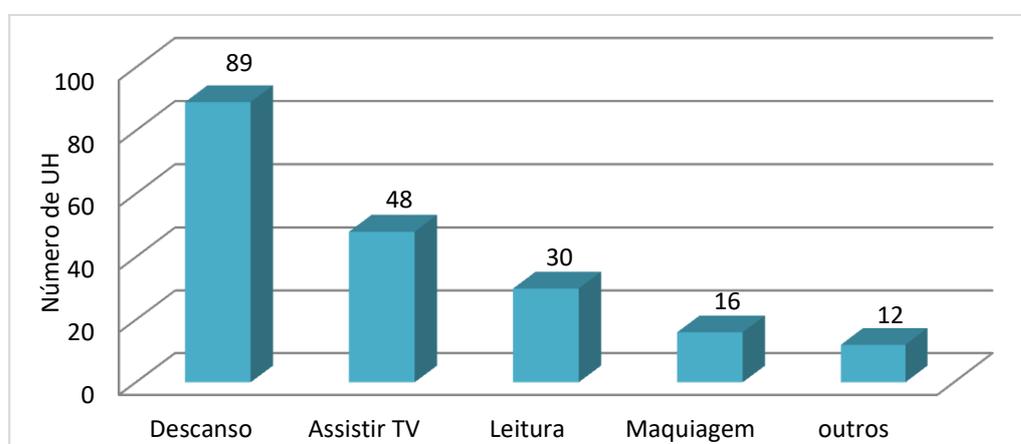
Para todos os cômodos analisados (sala, cozinha e lavanderia e dormitório principal) nota-se que os valores mais altos da Tabela 7 concentram-se, em sua maioria, nos tons claros e médios. É possível verificar que 70% dos móveis das salas e dos dormitórios vistoriados apresentam mobiliário com cores de tonalidades médias, enquanto 70% dos móveis das cozinhas/lavanderias são claros. Esse fator contribui para níveis internos de iluminância mais elevados. Entretanto, em 18% das salas foram encontrados móveis com tons escuros.

Um dado que se repete em todos os ambientes analisados é o teto com sua cor branca original em 86 das 89 UH vistoriadas, o que equivale a 97% da amostra. Com relação ao piso dos ambientes, 10% dos dormitórios principais e 9% das salas apresentam piso escuro. Algumas UH ainda não sofreram alterações nos seus revestimentos e acabamentos internos, e o piso original entregue para os ambientes de sala e dormitórios era de cimento polido.

4.1.2 Atividades desenvolvidas nos ambientes analisados

Foram investigadas que atividades são realizadas em cada um dos ambientes analisados. Nos questionários, apesar de representarem ambientes integrados, optou-se por separar a sala da cozinha e lavanderia, justamente por se tratarem de espaços que, normalmente, apresentam usos distintos.

Gráfico 4 – Atividades realizadas no dormitório principal.

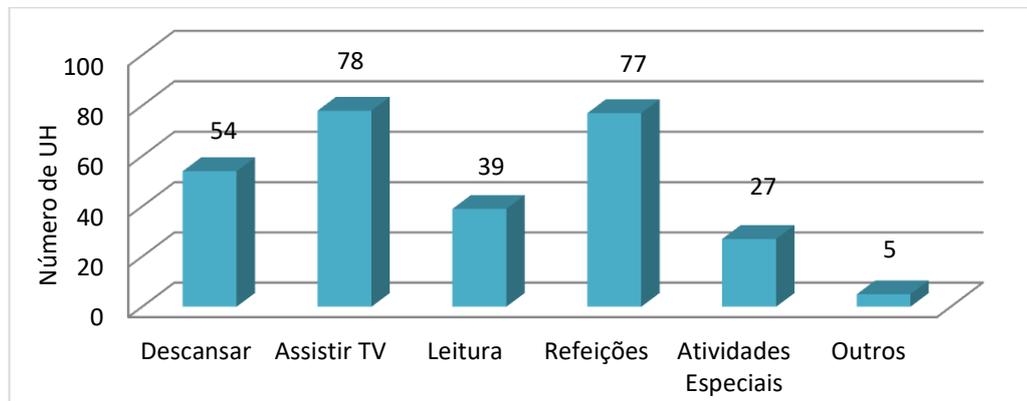


Fonte: Desenvolvido pela autora.

O Gráfico 4 apresenta as atividades que são desenvolvidas com maior frequência nos dormitórios principais das UH do CRV. Como já era previsto, utilizar esse cômodo para o descanso foi a resposta mais encontrada durante a aplicação dos questionários, já que todos os respondentes (89, ou 100%) confirmaram esse tipo de uso. Grande parte dos usuários também mencionou que assiste televisão neste ambiente (48 ocorrências, ou 54% da amostra).

Observa-se que, dentre as atividades que exigem maiores níveis de iluminância, houveram 30 relatos de uso desse cômodo para leitura (34%), enquanto 16 usuários (18%) afirmaram que utilizam esse espaço para se maquiar, lembrando que ambas as atividades exigem uma boa iluminação. Ainda, alguns usos foram menos citados e compõem juntos 12 relatos (13%), presentes no segmento outros, dentre eles passar, secar, fazer crochê, costurar, ouvir música.

Gráfico 5 – Atividades realizadas na sala.

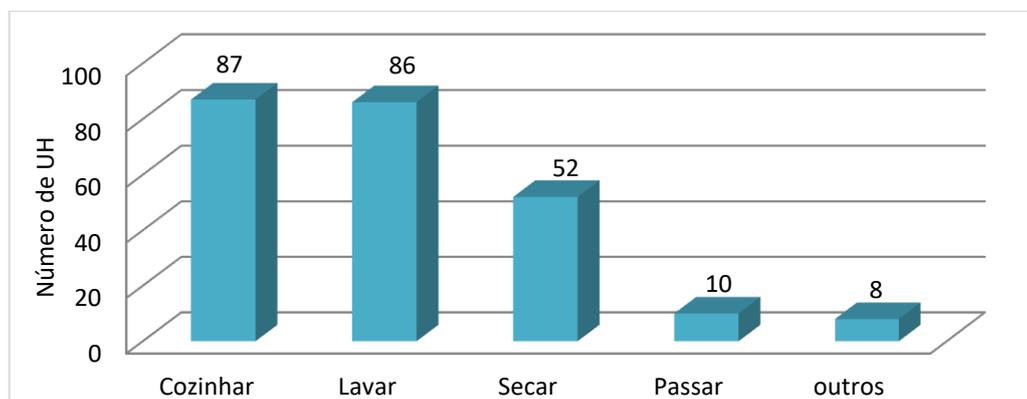


Fonte: Desenvolvido pela autora.

Analisando o Gráfico 5, é possível observar que as principais atividades realizadas na sala são assistir televisão (78 ocorrências ou 88% das UH) e realizar refeições (77 ocorrências ou 87% das UH). Dos moradores que participaram, 54 utilizam o espaço para descansar, o que corresponde a 61% da amostra. As atividades de lazer, jogos, escutar música e secar roupas foram menos citadas, e estão presentes no segmento outros.

Das atividades levantadas que exigem maiores níveis de iluminação, percebe-se que é numerosa a quantidade de usuários que destinam esse espaço para a leitura, mais especificamente 39 ocorrências (44% das respostas). Existe um grupo considerável de outras atividades que também exigem maior acuidade visual, agrupadas no segmento atividades especiais, como o artesanato (costura ou crochê), usar o computador, passar roupas, cozinhar, maquiagem e comércio, foram mencionadas em 27 UH, o que corresponde 30% da amostra.

Gráfico 6 – Atividades realizadas na cozinha / lavanderia.

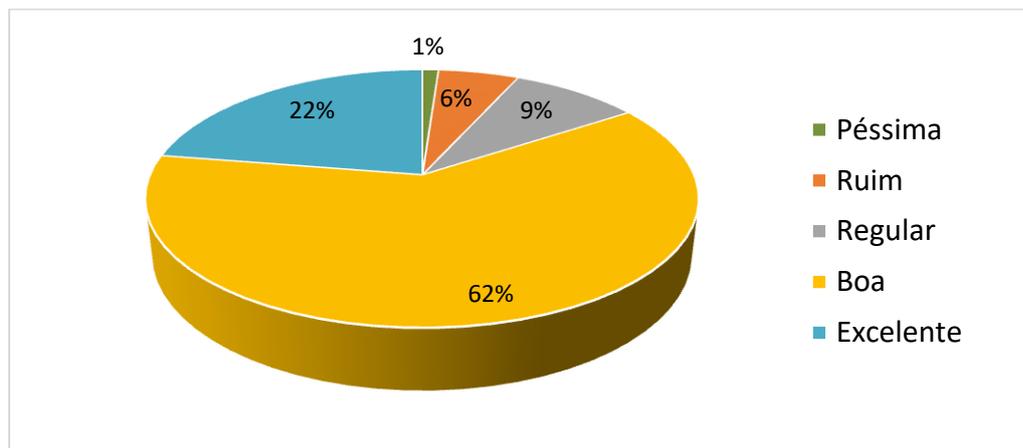


Fonte: Desenvolvido pela autora.

Verifica-se, conforme Gráfico 1Gráfico 6, que as atividades realizadas no ambiente formado pela cozinha e lavanderia das UH do CRV são aquelas usualmente desempenhadas nas edificações de uso residencial. De acordo com os dados coletados, as atividades mais frequentemente realizadas são cozinhar e lavar, alcançando quase 100% da amostra, seguidas de secar e passar, com 52 e 10 ocorrências, respectivamente. As demais atividades, que foram menos citadas e que correspondem ao indicativo outros no gráfico, tratam-se de: refeições, limpeza, crochê, cuidar das plantas.

4.1.3 Níveis de satisfação dos usuários

Gráfico 7 – Nível de satisfação dos usuários com relação à LN da UH.

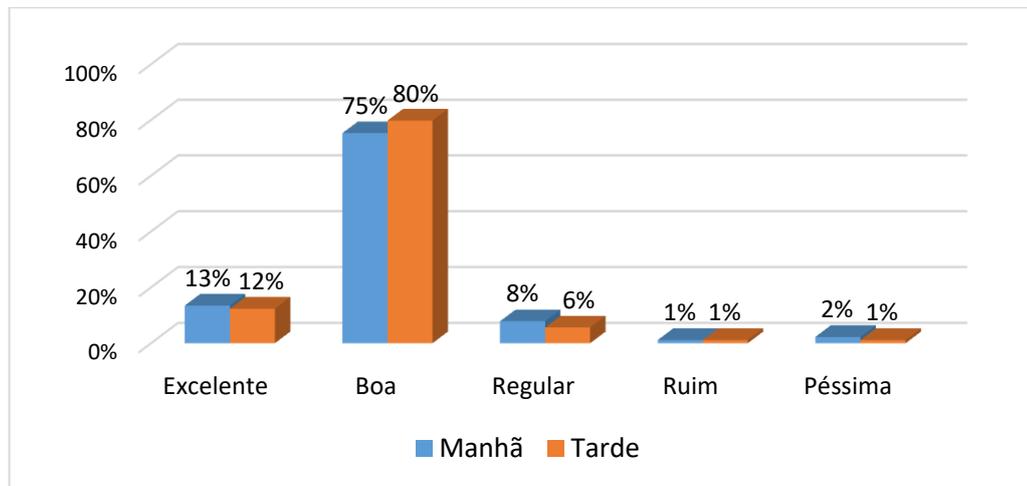


Fonte: Desenvolvido pela autora.

A opinião dos usuários a respeito da iluminação natural das UH foi, em grande maioria, positiva. Para captura dessa informação, foi utilizada a seguinte sentença para que os respondentes concluíssem com a sua percepção: Em geral, você acha a iluminação natural do seu apartamento (péssima, ruim, regular, boa ou excelente). Observa-se no Gráfico 7 que 62% dos moradores que participaram da pesquisa classificaram a LN de suas UH como boa e 22% como excelente, totalizando em conjunto mais de 80% de satisfação com a variável iluminação natural da UH. Desses, apenas 16% avaliaram como regular, ruim ou péssima.

Também foram coletados os níveis de satisfação com relação a cada ambiente analisado, em cada diferente turno diurno.

Gráfico 8 – Nível de satisfação dos usuários com relação à LN do dormitório principal.



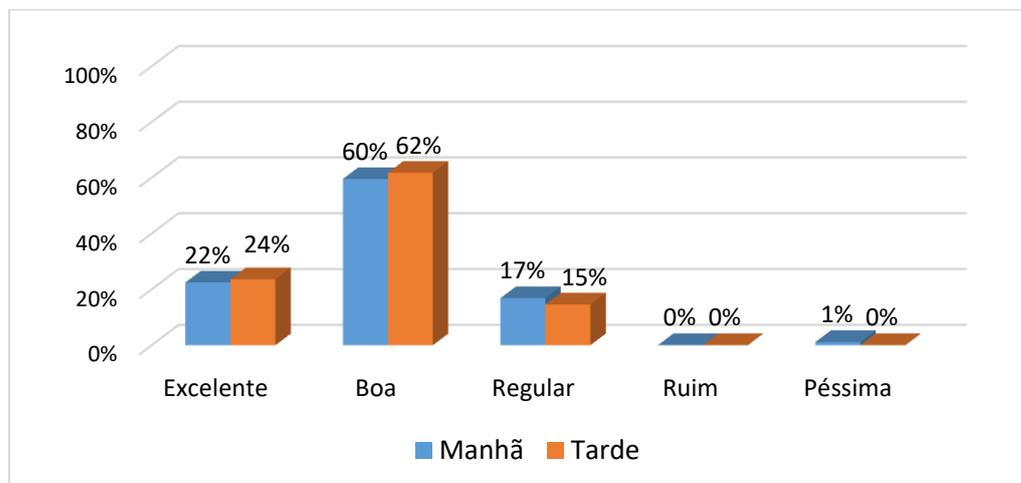
Fonte: Desenvolvido pela autora.

O Gráfico 8 indica quais foram as respostas sob os aspectos da LN dos dormitórios principais das UH. Verifica-se que, 75% dos usuários do CRV que participaram do estudo acreditam que a iluminação natural nos dormitórios, considerando as luzes apagadas, é boa no turno da manhã. Enquanto isso, 80% deles acreditam que é boa pelo turno da tarde. Somando as percepções boa e excelente, respostas consideradas positivas alcançaram um total de 88% no turno da manhã e 92% no turno da tarde.

Houve pouca variabilidade entre os resultados encontrados para os turnos da manhã e da tarde. Dentre os dados coletados, apenas um dos usuários classificou como ruim a iluminação do dormitório principal tanto no período da manhã quanto da tarde (1%). Houve, ainda, um total de 2% dos participantes que avaliou a iluminação desse ambiente como péssima no turno da manhã, e 1% no turno da tarde (apenas um caso). Classificação regular também se mostrou similar, com resultados de 8% à manhã e 6% à tarde.

Nesse sentido, foram investigados o posicionamento nos andares e a orientação solar dos 10 dormitórios classificados com condição péssima, ruim e regular no turno da manhã. Verificou-se que todos possuem orientação solar bem diversificada, e que nenhum deles está localizado no terceiro ou quarto pavimento. Nota-se que, por estarem posicionados em andares muito inferiores ou superiores, é possível que ocorra algum tipo de desconforto causado pela falta ou excesso de luz em determinados momentos do dia, o que foi verificado posteriormente através do programa de simulação computacional APOLUX.

Gráfico 9 – Nível de satisfação dos usuários com relação à LN da sala.



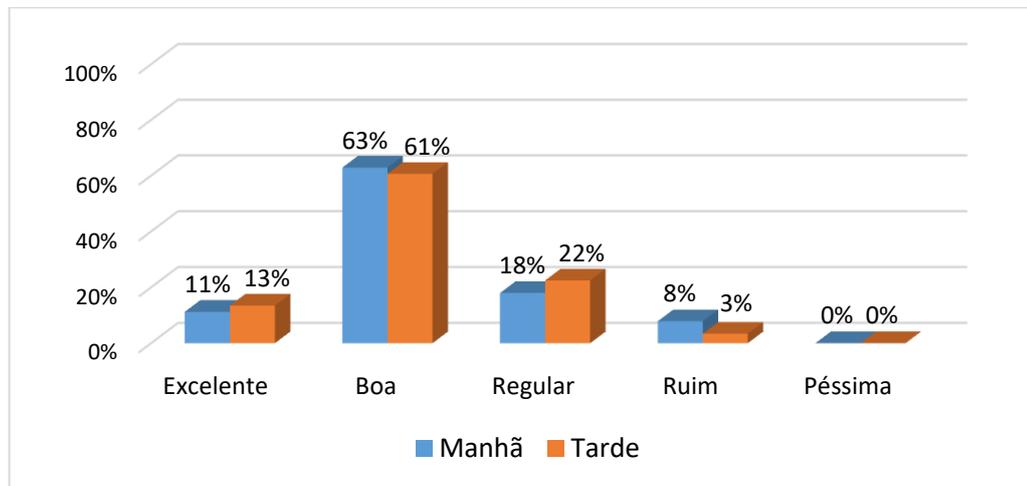
Fonte: Desenvolvido pela autora.

Ao avaliar os níveis de satisfação com relação à iluminação proveniente apenas das fontes de LN no ambiente onde se encontra a sala, a grande maioria das respostas foi positiva, tanto no turno da manhã quanto no turno da tarde. Observando o Gráfico 9, verifica-se que, das 89 percepções coletadas com relação ao turno da manhã, obteve-se 60% de classificação boa e 22% excelente, totalizando 82% de *feedbacks* positivos. Com relação ao turno da tarde, foram 86% de respostas positivas, sendo 62% na categoria boa e 24% na categoria excelente.

Nenhum dos usuários considerou a iluminação natural ruim em ambos os turnos, e apenas um dos participantes considerou a iluminação péssima no período da manhã, o que equivale a 1% da amostra. Ainda, 17% afirmaram que a LN é regular no turno da manhã e 15% no turno da tarde. Como se pode notar, assim como ocorreu no dormitório principal, não foram detectadas grandes diferenças nas respostas ao comparar os dois turnos investigados.

Durante a aplicação dos questionários, sempre foi esclarecido, para todos os ambientes analisados, que as perguntas se referiam somente à iluminação natural, e que esse aspecto deveria ser considerado com as fontes de luz artificial desativadas.

Gráfico 10 – Nível de satisfação dos usuários com relação à LN da cozinha/lavanderia.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

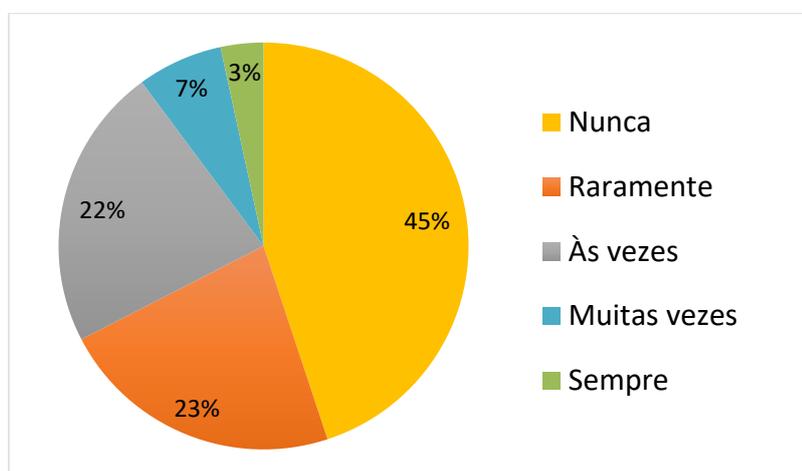
Ao questionar os usuários sobre a iluminação natural especificamente do ambiente composto pela cozinha e lavanderia, também se observa uma tendência positiva e sem grandes disparidades em ambos os turnos, manhã e tarde. Conforme o Gráfico 10, dos 89 moradores do CRV que participaram da pesquisa, considerando o turno da manhã, 11% classificaram a iluminação natural da cozinha e lavanderia da sua UH como excelente e 63% como boa, demonstrando que 74% estão satisfeitos com esse critério nesse ambiente. Tal percentual total se repetiu para o turno da tarde, já que apresentou 13% de classificação excelente e 61% de classificação boa. Dos 89 participantes, 26% acreditam que a iluminação natural é regular ou ruim pela manhã e 25% pela tarde. Nenhum avaliou como péssima, em ambos os turnos.

Comparando os espaços em que foram investigados os níveis de satisfação dos usuários, percebe-se que a cozinha e lavanderia, apesar de apresentar grande *feedback* positivo, é o ambiente em que houve maior índice de usuários insatisfeitos, visto que em torno de 25% classificou como regular ou ruim a iluminação natural deste espaço. Ao se considerar o fato que esta é uma área de serviços da habitação, onde normalmente se desenvolvem as tarefas diárias do cotidiano doméstico, percebe-se que, em algumas UH do CRV, o desempenho da LN poderia ser aprimorado, para possibilitar melhores condições de conforto aos usuários.

4.1.4 Uso da iluminação artificial durante o dia

Foi verificado, também, qual é o comportamento dos usuários do CRV no que diz respeito ao uso de luz artificial durante o dia. Descobriu-se com que frequência esses usuários costumam acionar a luz artificial e os principais motivos que os levam a utilizar desse artifício, e conseqüentemente, os conduzem a um maior consumo de energia. Ainda, se investigou se existe algum turno diurno ou época do ano, em específico, em que se torna mais necessário o reforço da iluminação interna através da luz artificial.

Gráfico 11 – Frequência que os usuários ligam as luzes durante o dia.

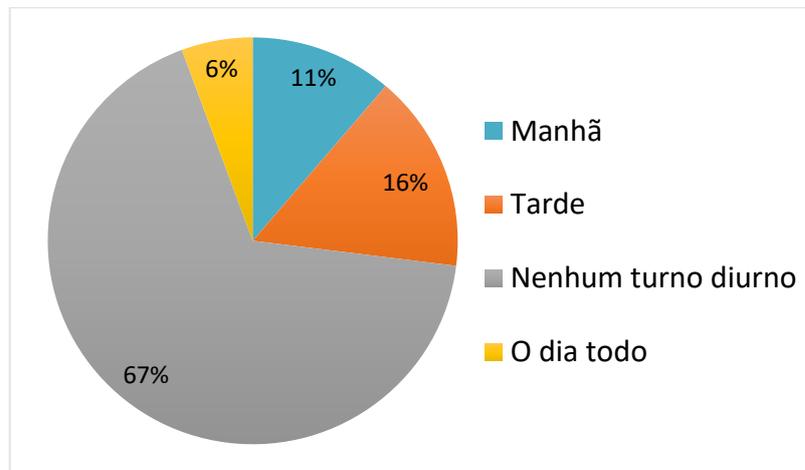


Fonte: Desenvolvido pela autora.

O Gráfico 12 mostra que 45% dos usuários do CRV informaram nunca ligar as luzes no período do dia, e outros 23% disseram raramente ligar. Ainda, 22% afirmaram acionar a luz artificial às vezes durante o dia e 7% muitas vezes. Houve 3% que liga sempre as luzes, independente do turno em que se encontram presentes em sua habitação.

A partir desses dados coletados, observa-se que apesar do nível de satisfação com relação à UH chegar a 84% (item 4.1.3), em um percentual significativo dos casos as luzes artificiais são, em algum momento do dia, acionadas. Segundo Blower e Azevedo (2008), as interferências causadas pelas condições de conforto, como, por exemplo, em relação à iluminação, não são evidentes e afetam inconscientemente a conduta dos indivíduos.

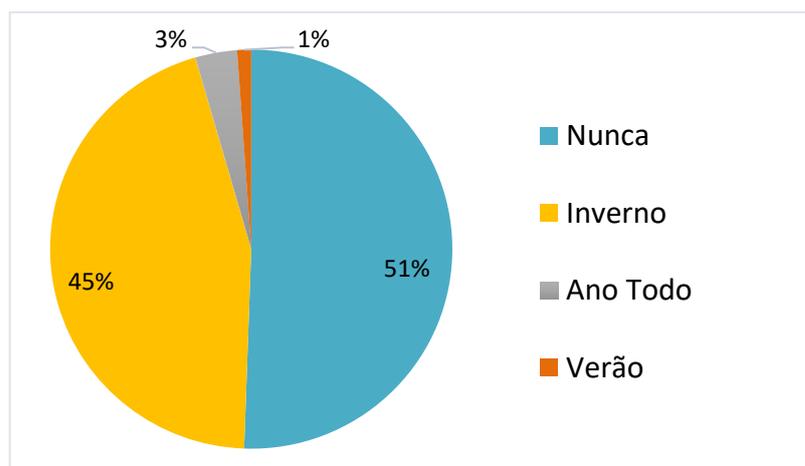
Gráfico 12 – Turno do dia em que são ligadas as luzes da UH.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Analisando o Gráfico 12, conclui-se que 67% dos usuários informaram não ligar as luzes nem no turno da manhã, nem no turno da tarde, informação que fica coerente com o Gráfico 11, o qual aponta que 68% nunca, ou em raros casos, acionam as luzes artificiais. Ainda, 16% acionam a luz artificial no turno da tarde e 11% no turno da manhã, enquanto 6% dizem recorrer a esse recurso nos dois turnos.

Gráfico 13 – Época do ano em que são ligadas as luzes da UH.



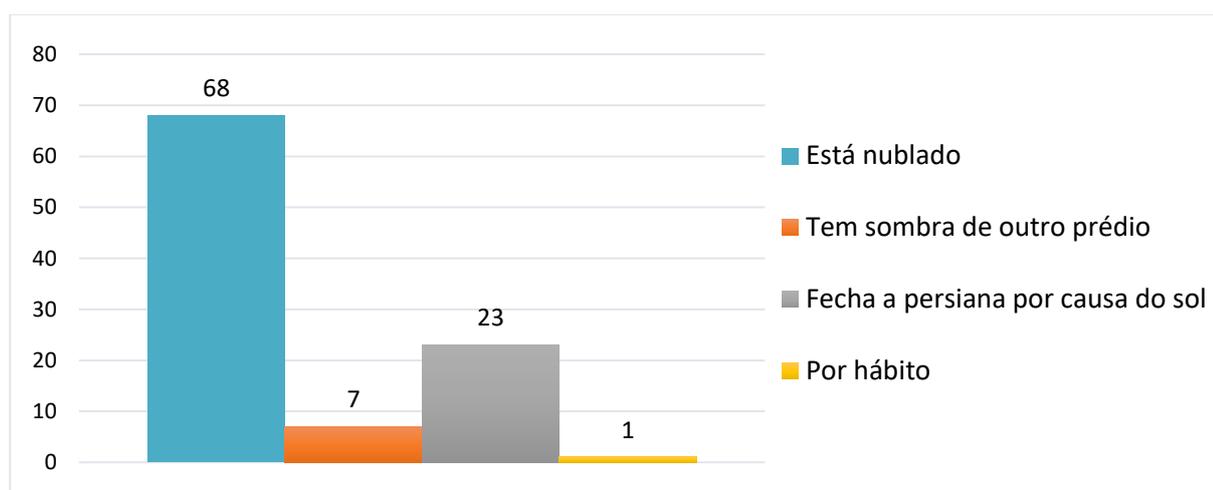
Fonte: Desenvolvido pela autora.

A partir da sentença aplicada – Em que época do ano você costuma ligar as lâmpadas durante o dia? – foi possível observar se existia alguma estação do ano com maior

necessidade de manter as luzes artificiais das UH ligadas. Avaliando os percentuais do gráfico de setores acima (Gráfico 13), percebe-se que 51% dos moradores não informaram nenhuma época específica para manterem as luzes de suas UH ligadas no período diurno. Entretanto, 45% disseram que costumam ligar as luzes no inverno, enquanto somente 1% apontou o verão como estação em que é preciso ligar as luzes. Dos dados coletados, 3% mencionaram que costumam ligar as luzes durante o ano todo.

Apesar de terem apresentado 84% de respostas positivas no que diz respeito à satisfação com a iluminação natural da UH, quase 50% dos usuários informou alguma época do ano em que costuma utilizar a luz artificial durante do dia, com maior concentração de respostas para o período do inverno, o que leva a concluir que durante esta estação a luminosidade no interior das habitações fica mais prejudicada.

Gráfico 14 – Motivo pelos quais as luzes são ligadas durante o dia.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Como se pode notar no Gráfico 14, o maior motivo dos moradores ligarem as luzes é quando o céu está nublado, o que foi apontado em 68 casos, o que equivale a 76% das UH em que foram aplicados os questionários. Em 23 UH (26%), os usuários disseram ligar as luzes quando fecham as persianas ou cortinas existentes, em função do sol incidente através das esquadrias. Isso leva a crer que, em alguns momentos do dia, ocorre desconforto relacionado a ofuscamento no interior das UH.

Em 7 UH os usuários afirmaram ligar as luzes quando ocorre sombreamento causado pelos outros edifícios do entorno. Dentre estas, cinco estão localizadas no térreo ou segundo

pavimento. De todos os moradores que participaram da pesquisa, apenas um informou deixar as luzes ligadas durante o dia por simples hábito.

Além disso, no decorrer da coleta de dados e vistorias foram verificadas informações sobre a presença de luz ligada ou desligada nos ambientes analisados. Tais informações são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8 – Situação da luz artificial durante a vistoria.

	SALA	COZINHA	DORMITÓRIO
Ligada	7	1	3
Desligada	82	88	86

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Segundo análise da Tabela 8, no momento da aplicação dos questionários, grande parte dos ambientes se encontrava com a luz artificial desligada, uma vez que das 89 UH em que se teve acesso, 82 moradores possuíam luz desligada na sala, 88 luz desligada na cozinha e lavanderia e 86 no dormitório principal. Ou seja, foram encontradas lâmpadas acesas em 11 ambientes, sendo 7 salas, 1 cozinha e lavanderia e 3 dormitórios principais. E um caso, cuja aplicação foi realizada às 17 horas, em uma UH localizada no pavimento térreo com orientação Leste, as luzes da sala e da cozinha/lavanderia estavam acesas. Nos demais casos em que foi detectada luz artificial acionada, ou era na sala, ou no quarto, totalizando 10 UH (11% da amostra) com pelo menos uma lâmpada ligada durante o período das vistorias.

4.1.5 Análise das influências no nível de satisfação dos usuários

Foi realizada uma análise estatística dos dados a partir do modelo logito de razão contínua, com base no delineamento amostral. A Tabela 9 apresenta o resumo do modelo probabilístico estimado para os dados coletados neste trabalho. Tal modelo tem como variável resposta o nível de satisfação com relação à iluminação natural das UH do CRV e como variáveis explicativas a existência ou não de problema de visão entre os usuários que participaram, a orientação solar dos apartamentos, o pavimento em que é localizado o apartamento e as tonalidades de cores dos móveis nos ambientes analisados.

Para o padrão de referência foi considerado um apartamento localizado ao Norte, no pavimento térreo, possuindo móveis com tonalidades claras e pressupondo um usuário sem

problema de visão. A partir desses parâmetros, foram verificadas as influências das demais variáveis presentes no modelo, podendo contribuir positivamente (melhorando o nível de satisfação) ou negativamente (piorando o nível de satisfação). Também foram identificadas as características que, estatisticamente, não influenciaram nos níveis obtidos. Ao se constatar os fatores mais relevantes, foi possível entender o comportamento da LN sob a ótica dos usuários do CRV.

Tabela 9 – Resumo do modelo logito de razão contínua para o nível de satisfação com a iluminação das UH do CRV.

Variáveis	Estimativa	Erro padrão	Z valor*	Significância
Problema de Visão	0.6911	0.4945	1.398	16,22%
Orientação Solar – Sul	0.1841	0.6613	0.278	78,07%
Orientação Solar – Leste	0.8280	0.6995	1.184	23,65%
Orientação Solar – Oeste	0.2127	0.6827	0.312	75,53%
2° Pavimento	0.1593	0.6407	0.249	80,37%
3° Pavimento	0.4655	0.7741	0.601	54,76%
4° Pavimento	3.2562	0.8224	3.959	0,008%
5° Pavimento	0.7270	0.7491	0.971	33,17%
Cor dos móveis da Sala – Médio	-2.2313	0.7918	-2.818	0,48%
Cor dos móveis da Sala – Escuro	-2.2979	0.8757	-2.624	0,87%
Cor dos móveis da Coz./Lav. – Médio	0.2834	0.5228	0.542	58,77%
Cor dos móveis da Coz./Lav. – Escuro	-1.8138	1.2928	-1.403	16,06%
Cor dos móveis do Dormitório P. – Médio	0.2666	0.5432	0.491	62,36%
Cor dos móveis do Dormitório P. – Escuro	-1.1038	0.9344	-1.181	23,75%

Fonte: Desenvolvido pela autora. Nota: *Z valor mede a razão entre a estimativa e seu erro padrão. Quando está perto de ZERO, indica que a estimativa é muito pequena para garantir que o termo cause efeito na resposta (PORTAL MINITAB, 2018).

A estimativa, ou coeficiente estimado, é apresentada em unidades codificadas, e representa a alteração na resposta média, sendo que o número positivo ou negativo indica a direção da relação entre o termo e a resposta. A significância (valor-p) mede a evidência contra a hipótese nula, sendo que as probabilidades inferiores fornecem evidências mais fortes (PORTAL MINITAB, 2018). O valor percentual apresentado no nível de significância é inversamente proporcional a sua importância para o modelo, e está relacionado com a margem de erro da variável. Ou seja, quanto menor o nível de significância encontrado, menor o erro e mais importante é a variável para a determinação do nível de satisfação. Sendo assim, as variáveis apresentadas em vermelho na Tabela 9 não foram importantes para determinar o nível de satisfação dos usuários do CRV.

Admitindo-se níveis de até 5% de significância, foram obtidas as seguintes variáveis relevantes para o modelo:

- a) variável 4º pavimento: no que diz respeito à altura das UH no edifício, é possível observar que os níveis de satisfação com relação à LN são menores nos pavimentos térreo, segundo, terceiro e quinto quando comparados ao quarto pavimento, que apresenta influência expressiva nos resultados finais obtidos. Conforme o modelo, as UH localizadas no quarto pavimento, com estimativa positiva de 3.2562 e significância de 0,008% tendem a melhorar expressivamente os índices de satisfação;
- b) variável cor dos móveis da sala – médio: outro fator que se mostrou representativo na determinação dos índices de satisfação foi a tonalidade das cores do mobiliário existente na sala. Com estimativa negativa de -2.2313 e significância de 0,48%, nas UH habitacionais cujos móveis de sala tinham tonalidade média, houve queda nos níveis de satisfação quando comparados com as que apresentavam móveis claros nesse ambiente; e
- c) variável cor dos móveis da sala – escuro: nas UH que possuem móveis da sala escuros, com estimativa de -2.2979 e significância de 0,87%, os usuários tendem a mostrar-se ainda mais insatisfeitos com a iluminação natural do apartamento. A cor escura do mobiliário influencia de forma mais negativa do que a tonalidade média.

Para os demais fatores investigados, admitindo-se níveis de no máximo 25% de significância, se obteve as seguintes variáveis relevantes para o modelo:

- a) variável problema de visão: diferentemente do que se esperava, a amostra detectou que os usuários com problema de visão, com estimativa positiva de 0.6911 e significância de 16,22%, tiveram níveis superiores de satisfação, quando

comparados àqueles que não apontaram nenhum problema. Isso se explica devido ao fato de que não foi possível especificar na coleta o tipo de problema que os usuários possuíam, devido ao baixo grau de instrução dos participantes, que em sua grande maioria não souberam definir a sua deficiência visual. Se o problema de visão fosse ligado à fotofobia, por exemplo, se justificaria respostas de conforto ou desconforto com a iluminação existente. Mas não foi possível coletar essa informação durante a aplicação dos questionários;

- b) variável orientação solar – leste: o modelo mostrou que o fator orientação solar não teve grande influência nas respostas relacionadas à satisfação com a iluminação natural. Com estimativa positiva de 0.8280 e significância de 23,65%, moradores de UH localizadas a Leste, com janelas dos dormitórios principais e sala a Nordeste e da cozinha/lavanderia a Sudeste, apresentam melhora nos níveis de satisfação comparados aos moradores de apartamentos localizados em outras orientações solares;
- c) variável cor dos móveis da cozinha/lavanderia – escuro: as cores do mobiliário da cozinha/lavanderia, quando escuros, também interferiram negativamente nos níveis de satisfação dos usuários. Com estimativa negativa de -1.8138 e significância de 16,06%, moradores de apartamentos com móveis da cozinha escuros mostram-se mais insatisfeitos com relação à iluminação da UH, quando comparados aos moradores de apartamentos com móveis da cozinha claros; e
- d) variável cor dos móveis do dormitório principal – escuro: menos relevante para o modelo que os outros ambientes analisados, as cores do dormitório principal, quando escuros, com estimativa negativa de -1.1038 e significância de 23,75% também interferiram negativamente na determinação dos níveis de satisfação dos usuários.

No que diz respeito à altura das UH nos edifícios, verificou-se que, dos 15 usuários que residiam no quarto pavimento, todos classificaram a iluminação natural como sendo boa ou excelente (100%). O quinto pavimento apresentou uma pequena queda nessa satisfação, visto que, dos 18 dados obtidos no quinto pavimento, 15 (83%) definiram a iluminação natural como boa ou excelente. Ainda, apesar de serem poucas as manifestações de insatisfação, dos 14 dados de usuários que avaliaram a iluminação da UH como péssima, ruim ou regular, 10 se tratavam de unidades localizadas no térreo ou segundo pavimento, uma no terceiro e 3 no quinto pavimento.

Considerando o aumento nos níveis de satisfação em UH localizadas no quarto pavimento, pode-se, portanto, supor que as unidades muito inferiores se tornam menos confortáveis em virtude da falta de luminosidade em determinados momentos do dia, ou seja, do sombreamento causado pelo entorno. Enquanto isso, o contrário se observa no quinto pavimento, no qual o desconforto deve ocorrer devido excesso de luminosidade, que acaba provocando sensação de ofuscamento.

Sobre os aspectos relacionados à cor do mobiliário, dos três ambientes analisados, a sala foi o espaço em que a cor dos móveis foi mais determinante nas respostas dos usuários, e o dormitório foi o menos significativo. Com base nos valores estimados, e por se tratarem de espaços exíguos, revela-se importante a escolha correta das cores no interior dessas habitações, visto que essa característica apresentou expressiva influência na forma com que os usuários percebem e classificam a iluminação natural de suas habitações.

Ao observar todos os índices resultantes da aplicação do modelo logito, é possível afirmar que o posicionamento das UH no quarto pavimento foi a variável mais importante para determinar os índices de satisfação, seguida das tonalidades do mobiliário da sala. Se fossem consideradas unidades de um mesmo pavimento, o uso das cores do mobiliário interno determinaria o grau de satisfação. Da mesma forma, se existissem apenas unidades com cores claras, a posição nos andares determinaria o grau de satisfação. As variáveis com níveis de até 25% de significância tiveram influência menos expressiva.

Para as demais variáveis (em vermelho na Tabela 9) é possível estabelecer uma hierarquia de influências. No entanto, por se tratarem de valores não significativos, não é possível obter conclusões precisas.

4.2 AVALIAÇÃO DOS VÃOS MÍNIMOS DE ILUMINAÇÃO E DA ALTURA DAS ABERTURAS

Como já abordado anteriormente, existem percentuais mínimos que devem ser admitidos para os vãos de iluminação de ambientes residenciais, que são calculados em função da área de piso (área útil) dos compartimentos. Nesse sentido, abaixo segue o Quadro 5, contendo as informações relativas à avaliação do atendimento aos critérios presentes o Código de Obras de Santa Maria e no RTQ-R:

Quadro 5 – Avaliação dos vãos de iluminação segundo RTQ-R e Código de Obras.

AMBIENTE	Área útil do ambiente	Característica das esquadrias	Critério do RTQ-R	Critério do Código de Obras	Vão livre efetivo	Atende
Dormitório Principal	9,11 m ²	1. Janela de correr (ou deslizante) com três folhas, sendo duas venezianas. 1,20 x 1,20 <u>Área nominal</u> = 1,44 m ²	12,5% ou 1/8 = 1,138m ²	1/6 = 1,518m ²	45% = 0,648m ²	NÃO
Ambiente Integrado (Sala/ Cozinha/ Lavanderia/ Circulação)	20,85 m ²	1. Janela de correr com duas folhas 1,40 x 1,20 = 1,68 m ² 2. Janela de correr com duas folhas 1,00 x 1,20 = 1,20 m ² <u>Área nominal</u> = 2,88 m	12,5% ou 1/8 = 2,606m ²	1/6 = 3,475m ²	80% = 2,304m ²	NÃO

Fonte: Desenvolvido pela autora.

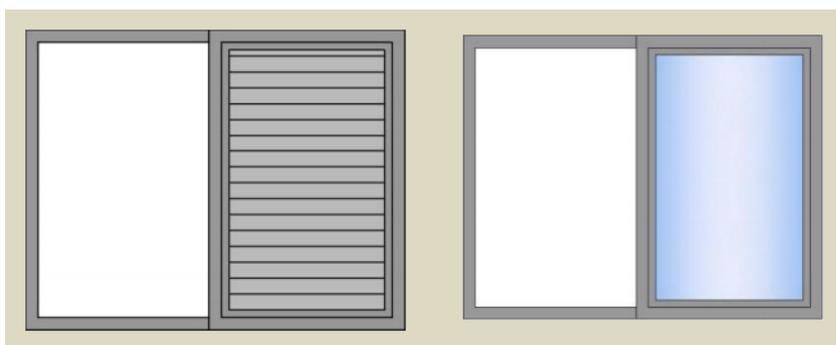
Esperava-se que os critérios mínimos exigidos fossem atendidos, principalmente àqueles presentes no Código de Obras, visto que a amostra é constituída por prédios já construídos, com projetos aprovados pela Prefeitura Municipal de Santa Maria, cuja licença para a construção foi emitida no ano de 2010, quando tal normativa já estava em vigor. Porém, como é possível identificar no Quadro 5, os vãos de iluminação existentes nos ambientes analisados não atendem nem ao que está disposto no Código de Obras, nem aos pré-requisitos do RTQ-R. Segundo o RTQ-R, o não atendimento a este pré-requisito implica em, no máximo, nível C nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente.

Verificou-se, ainda, que o RTQ-R define com clareza que o cálculo deve considerar apenas o vão da abertura que efetivamente permite a entrada de LN. Porém, o Código de Obras do município de Santa Maria não deixa totalmente claro esse critério, podendo abrir espaço para equívocos, como por exemplo, considerar no cálculo as dimensões nominais da esquadria ou não especificar, previamente e ainda na fase de projeto, o modelo de janela que será utilizado na construção.

No caso do CRV, a situação mais crítica, detectada dentre os ambientes analisados, é a do dormitório principal, uma vez que foi utilizado um tipo de janela de correr na qual as folhas com venezianas, também de correr, fazem com que o vão da esquadria permaneça, sempre, parcialmente obstruído (Figura 30). Foi observado que tal situação se repete nos

dormitórios secundários das UH, o que evidencia a carência de normativas que abordem a questão do acesso à LN de forma mais criteriosa, prevenindo a ocorrência desse tipo de falha em futuras construções.

Figura 30 – Esquadrias dos quartos (ESQUERDA) e do ambiente integrado (DIREITA)



Fonte: ELETROBRAS PROCEL, 2012.

A NBR 15575 (ABNT, 2013a), por sua vez, apenas cita o dimensionamento das aberturas para atingir níveis mínimos de ventilação, sem relacionar diretamente com o acesso de LN. Porém, percebe-se que a eficiência da LN de determinado espaço está diretamente relacionada do tipo de esquadria empregado, ou seja, às dimensões do vão de iluminação, e a falta de critérios nesse sentido podem acarretar em prejuízos ao conforto visual dos usuários.

A NBR 15575 (ABNT, 2013a) ainda faz algumas recomendações sobre o posicionamento das esquadrias em relação à altura na parede. Como a norma não faz menção à consideração dos caixilhos para avaliação dessas medidas e, como todas as janelas presentes no dormitório principal e ambiente integrado das UH do CRV possuem as mesmas medidas – peitoril com 100 cm e cota testeira com 220 cm – percebe-se as esquadrias propostas estão de acordo com esse quesito. Como essa característica influencia no acesso da LN no interior dos ambientes e no contato dos usuários com o exterior, seria importante considerar as medidas dos caixilhos, que muitas vezes podem modificar de forma considerável as alturas do vão real de iluminação.

4.3 AVALIAÇÃO DOS ÍNDICES DE REFLETÂNCIA DO TETO E DA PROFUNDIDADE DO AMBIENTE EM RELAÇÃO À ABERTURA

Com relação à refletância do teto, verificou-se que 86 UH vistoriadas, ou 97% da amostra, possuem a cor do teto inalterada, com acabamento texturizado branco, cor que

apresenta índice de refletância em torno de 70 e 80%. As três exceções detectadas apresentam teto de tonalidade média. Dessa forma, nesse quesito, as UH do CRV atendem às recomendações previstas no RTQ-R, que estipula que cada ambiente de permanência prolongada, cozinha e lavanderia deve ter refletância do teto acima de 60%.

Já no que diz respeito à profundidade desses mesmos ambientes em relação à fonte de LN, o RTQ-R orienta que a maioria (50% mais 1) deve seguir a equação $P \leq 2,4 \cdot h_a$, onde P é a profundidade do ambiente (m) e h_a é a distância entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação (m), excluindo caixilhos. Como existem mais de uma abertura em um mesmo ambiente (ambiente integrado), foi considerada a relação com menor profundidade, que se trata da janela presente na sala de estar. Dessa forma, seguem os resultados obtidos no Quadro 6 abaixo:

Quadro 6 – Avaliação da profundidade dos ambientes segundo RTQ-R.

AMBIENTE	P	h_a	$2,4 \cdot h_a$	RESULTADO	ATENDE
Dormitório Principal	2,99 m	2,1 m	$2,4 \cdot 2,1 = 5,04$	$2,99 \leq 5,04$	SIM
Ambiente Integrado (Sala/ Cozinha/ Lavanderia/ Circulação)	3,05 m	2,1 m	$2,4 \cdot 2,1 = 5,04$	$3,05 \leq 5,04$	SIM

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Como é possível verificar no Quadro 6, a profundidade dos ambientes analisados em relação à fonte de LN, tanto do dormitório principal quanto do ambiente integrado, atende à recomendação presente no RTQ-R. Sendo assim, nesse quesito, a UH como um todo também atende, já que os dois ambientes analisados representam mais de 50% dos ambientes de permanência prolongada que constituem cada apartamento do Conjunto Residencial Videiras.

4.4 AVALIAÇÃO DOS AFASTAMENTOS MÍNIMOS

Para a verificação do atendimento aos afastamentos mínimos exigidos pela Lei de Uso e Ocupação do Solo de Santa Maria (LUOS) (SANTA MARIA, 2009b), foram levadas em consideração as informações abaixo:

- altura dos blocos analisados = 14,30 m;
- zona onde está localizado o Conjunto Residencial Videiras = Zona 4;
- afastamentos mínimos das divisas = 3,00 m (relação $h/5$, ou seja, $14,30/5=2,86$, mas $h>13$ m, então, adotar 3,00 m);

- d) afastamentos mínimos entre ambientes principais = 6 m (dois círculos de 3 m); e
- e) afastamentos mínimos entre ambientes de uso secundário = 3,00 m (relação $h/9$, ou seja, $14,30/9 = 1,59$, mas $h > 13$ m, então, adotar 3,00 m).

A partir disso, foi possível avaliar e concluir se as alturas que foram adotadas para os edifícios do CRV e a forma que estão dispostos no terreno estão de acordo com as determinações da LUOS, no que diz respeito ao atendimento aos afastamentos mínimos exigidos, conforme é possível verificar no Quadro 7.

Quadro 7 – Avaliação do atendimento aos afastamentos mínimos segundo a LUOS.

ZONA 4	MÍNIMO EXIGIDO	MÍNIMO EXISTENTE	ATENDE
Afastamento das divisas	3 m	3,5 m	SIM
Afastamento entre compartimentos principais	6 m	7 m	SIM
Afastamento entre compartimentos secundários	3 m	5,5 m	SIM

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Como se pode notar, os afastamentos empregados nas divisas e entre os blocos de apartamentos que compõe o Conjunto Residencial Videiras cumprem aos critérios presentes na LUOS. Entretanto, isso não significa que inexistam problemas relacionados à insuficiência de iluminação natural em algumas unidades devido à ocorrência de sombreamento causado pelas edificações. Através da coleta dos níveis de satisfação usuários, verificou-se que ocorrem alterações na disponibilidade de LN no interior das edificações conforme as unidades vão ficando mais elevadas do edifício. Essa influência foi avaliada, com exatidão, a partir das simulações dinâmicas, e está exposta no item 4.5.3.

4.5 AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS OBTIDOS NAS SIMULAÇÕES

4.5.1 Avaliação com base nas iluminâncias presentes no RTQ-R e na NBR 15575

Foi verificada a porcentagem de horas e de área que os ambientes se encontram em cada parâmetro de DA. Com base no Quadro 8 – Avaliação do dormitório principal pelos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e na NBR 15575. Quadro 8, percebe-se que todos os dormitórios simulados atendem ao RTQ-R, uma vez que os resultados de DA2, cujo nível de referência é 60 lux, estão sempre acima dos critérios adotados pelo regulamento, que diz

que o ambiente deve atingir um nível de iluminação de 60 lux em pelo menos 70% das horas do ano em ao menos 70% de sua área. O menor desempenho foi do dormitório posicionado no pavimento térreo, com orientação Norte (ver orientação solar das UH no APÊNDICE H), que atingiu 60 lux em 79,6% das horas do ano, em 82,8% do ambiente.

Quadro 8 – Avaliação do dormitório principal pelos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e na NBR 15575.

AMBIENTE	ORIENTAÇÃO	PAVIMENTO	NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA	DA2 (%) de horas com no mínimo 60lx (DA2≥70%)	(%) de área com no mínimo 60lx 70% h/ano (PA _{DA2} ≥70%)	DA1 (%) de horas com no mínimo 120lx (DA1≥70%)	(%) de área com no mínimo 120lx 70% h/ano (PA _{DA1} ≥70%)	ATENDE
DORMITÓRIO PRINCIPAL	LESTE	T	60	80,5	87,0	-	-	S
			120	-	-	57,2	30,7	N
		3°	60	87,6	99,4	-	-	S
			120	-	-	71,4	57,4	N
		5°	60	94,7	100	-	-	S
			120	-	-	86,5	96,1	S
	OESTE	T	60	80,7	88,9	-	-	S
			120	-	-	56,9	31,1	N
		3°	60	88,0	99,4	-	-	S
			120	-	-	71,0	55,4	N
		5°	60	96,4	100	-	-	S
			120	-	-	87,4	95,6	S
	NORTE	T	60	79,6	82,8	-	-	S
			120	-	-	55,1	29,4	N
		3°	60	87,0	98,8	-	-	S
			120	-	-	69,0	52,5	N
		5°	60	94,6	100	-	-	S
			120	-	-	85,9	94,9	S
	SUL	T	60	80,3	85,2	-	-	S
			120	-	-	56,9	30,6	N
		3°	60	87,4	99,4	-	-	S
			120	-	-	70,6	56,4	N
		5°	60	96,1	100	-	-	S
			120	-	-	86,9	95,1	S

Fonte: Desenvolvido pela autora. *Nota: T – térreo.

Com o intuito de investigar a disponibilidade de LN caso os critérios mínimos fossem um pouco mais altos, e levando em consideração que os parâmetros de iluminação presentes nas normas em vigor estão abaixo dos exigidos anteriormente²⁹, foi realizada a mesma análise para o nível superior presente na NBR 15575 (ABNT, 2013a), ou seja, 120 lux em pelo menos 70% das horas do ano em 70% da área. Como é possível verificar no Quadro 8, se as

²⁹ A NBR 5413 estabelecia 100 lux como nível mínimo geral de iluminação para quartos residenciais, e 200 lux nos locais onde existissem espelho, penteadeira e cama (ABNT, 1992).

iluminâncias mínimas requeridas fossem mais altas, a maioria dos dormitórios avaliados não estaria de acordo, observando que não foram atingidos níveis de 120 lux em 70% das horas do ano em 70% da área do ambiente em nenhum dos dormitórios posicionados no térreo e no terceiro pavimento (resultados em vermelho), diferentemente daqueles situados no quinto pavimento, nos quais tais critérios foram alcançados.

No que diz respeito ao ambiente integrado, no Quadro 9, observando os resultados obtidos com relação ao percentual de horas em que o cômodo possui ao menos 60 lux e ao percentual de área do ambiente em que esse nível é alcançado no decorrer do ano, conclui-se que todas as simulações realizadas, para todos os pavimentos e orientações, atendem aos critérios do RTQ-R, assim como ocorreu nos dormitórios principais das UH simuladas.

Quadro 9 – Avaliação do ambiente integrado pelos níveis de iluminância presentes no RTQ-R e na NBR 15575.

AMBIENTE	ORIENTAÇÃO	PAVIMENTO	NÍVEIS DE ILUMINÂNCIA	DA2	(%) de área	DA1	(%) de área	ATENDE
				(%) de horas com no mínimo 60lx (DA2 \geq 70%)	com no mínimo 60lx 70%h/ano (PA _{da2} \geq 70%)	(%) de horas com no mínimo 120lx (DA1 \geq 70%)	com no mínimo 120lx 70%h/ano (PA _{da1} \geq 70%)	
AMBIENTE INTEGRADO	LESTE	T*	60	75,6	81,8	-	-	S
			120	-	-	56,9	30,7	N
		3°	60	82,7	87,2	-	-	S
			120	-	-	68,6	62,7	N
		5°	60	92,7	92,8	-	-	S
			120	-	-	83,8	87,3	S
	OESTE	T	60	77,9	83,2	-	-	S
			120	-	-	59,9	39,1	N
		3°	60	84,9	87,8	-	-	S
			120	-	-	71,9	68,4	N
		5°	60	94,0	92,9	-	-	S
			120	-	-	86,1	87,6	S
	NORTE	T	60	78,4	83,8	-	-	S
			120	-	-	61,1	40,1	N
		3°	60	84,9	87,9	-	-	S
			120	-	-	71,9	68,9	N
		5°	60	93,4	93,0	-	-	S
			120	-	-	84,9	88,1	S
	SUL	T	60	77,2	82,6	-	-	S
			120	-	-	59,0	38,2	N
		3°	60	84,4	87,7	-	-	S
			120	-	-	71,5	67,2	N
		5°	60	94,4	93,8	-	-	S
			120	-	-	86,6	88,3	S

Fonte: Desenvolvido pela autora. *Nota: T – térreo.

Ainda, da mesma forma que foi avaliado o dormitório principal, também foi realizada a investigação do comportamento da LN no ambiente integrado, caso, hipoteticamente, os critérios mínimos fossem os presentes em DA1 (120 lux). Devido aos resultados obtidos nos questionários, que apontaram um índice significativo de atividades que exigem maior acuidade visual (como leitura e artesanato, por exemplo), entende-se que 120 lux não representa um fator de iluminância muito elevado, já que, para salas de estar residenciais, a NBR 5413 especificava iluminâncias médias de 150 lux até 500 lux em áreas de tarefa e, além disso, o limite máximo estabelecido para o conforto visual é 2.000 lux.

Sendo assim, como é possível verificar no Quadro 9, com relação aos resultados de DA1, apenas as UH localizadas no quinto pavimento tiveram resultados positivos, alcançando níveis acima de 120 lux em pelo menos 70% da área durante (PA) 70% das horas calculadas. Do térreo ao terceiro pavimento, os ambientes integrados não alcançam esses índices, chegando ao máximo de 68,9% da área com 120 lux em 70% das horas do ano no terceiro pavimento com orientação Norte.

Pelos resultados de DA1 e DA2, os menores índices foram encontrados nos ambientes integrados das UH com orientação Leste, e os maiores para a orientação Norte, que ficou atrás das orientações Oeste e Sul apenas no quinto pavimento. Isso se deve ao fato da orientação considerada nos cálculos ser da UH em si, e não tem relação com o posicionamento das janelas, já que o ambiente integrado possui esquadrias voltadas para duas orientações diferentes (em duas fachadas).

Tanto no dormitório principal quanto no ambiente integrado, observou-se que os cômodos localizados no pavimento térreo apresentaram diferenças mais significativas no percentual de área que alcança os níveis requeridos em DA1, ficando na faixa de apenas 30 - 40% de área com mais de 120 lux durante ao menos 70% do ano, o que expressa a influência do entorno na disponibilidade de iluminação no interior das UH, como sombreamento causado pelos demais blocos de apartamentos.

4.5.2 Classificação dos ambientes por desempenho

No Quadro 10 foi realizada uma classificação dos ambientes por desempenho da LN, com base nos intervalos válidos de UDI para o conforto visual, e na metodologia de Nascimento (2016), que foi adaptada a este estudo. Foram classificados com desempenho superior os ambientes que ficaram no intervalo de 120 lux e 2000 lux por pelo menos 80% do tempo; desempenho intermediário os que se encontraram no intervalo de 60 lux e 2000 lux em

mais de 80% do tempo; desempenho mínimo aqueles no intervalo de 60 lux e 2000 lux entre 70% e 80% das horas do ano; e desempenho insuficiente os ambientes que não alcançaram 70% das horas no intervalo de 60 lux e 2000 lux.

Quadro 10 – Classificação dos ambientes analisados por desempenho.

AMBIENTE	ORIENTAÇÃO	PAVIMENTO	(PHudi1)	(PHudi2)	CLASSIFICAÇÃO PARCIAL DO AMBIENTE	CLASSIFICAÇÃO FINAL MÉDIA
			UDInf + UDImed Porcentagem de horas no intervalo 60 - 2000lx	UDImed Porcentagem de horas no intervalo 120 - 2000lx		
DORMITÓRIO PRINCIPAL	LESTE	T	79,9%	56,6%	MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO
		3°	86,3%	70,0%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	-	83,4%	SUPERIOR	
	OESTE	T	80,2%	56,4%	INTERMEDIÁRIO	
		3°	86,6%	69,7%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	-	83,6%	SUPERIOR	
	NORTE	T	79,4%	54,9%	MÍNIMO	
		3°	86,3%	68,3%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	-	83,7%	SUPERIOR	
	SUL	T	79,6%	56,2%	MÍNIMO	
		3°	85,8%	69,0%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	-	83,0%	SUPERIOR	
AMBIENTE INTEGRADO	LESTE	T	74,8%	56,0%	MÍNIMO	INTERMEDIÁRIO
		3°	80,1%	66,0%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	83,4%	74,5%	INTERMEDIÁRIO	
	OESTE	T	76,8%	58,8%	MÍNIMO	
		3°	81,5%	68,4%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	85,2%	77,3%	INTERMEDIÁRIO	
	NORTE	T	77,4%	60,0%	MÍNIMO	
		3°	81,8%	68,8%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	86,3%	77,7%	INTERMEDIÁRIO	
	SUL	T	76,0%	57,8%	MÍNIMO	
		3°	80,7%	67,8%	INTERMEDIÁRIO	
		5°	82,6%	74,9%	INTERMEDIÁRIO	

Fonte: Desenvolvido pela autora.

Como se pode notar, a classificação média final de ambos os cômodos, dormitório principal e ambiente integrado, foi o desempenho “intermediário”. Os recintos posicionados no térreo alcançaram apenas o nível “mínimo”, ou seja, tiveram iluminâncias entre 60 e 2000 lux em 70 a 80% das horas calculadas. A exceção foi o dormitório da UH posicionada a Oeste, que alcançou o patamar “intermediário” de desempenho. Todos os dormitórios

localizados no quinto pavimento alcançaram classificação "superior", com percentual de horas no intervalo 120 e 2000 lux maior de 80%. Os demais ambientes, como os dormitórios principais e ambientes integrados localizados no terceiro pavimento, e ambientes integrados do quinto pavimento, atingiram desempenho "intermediário".

Com a verificação do atendimento ao RTQ-R e do atendimento à NBR 15575 (apesar de se ter optado pelo uso de simulações dinâmicas, consideradas por trabalhos científicos consultados como mais eficiente do que a estática), percebeu-se que o limite mínimo exigido pelas normas pode não ser suficiente para garantir o conforto dos usuários. Por exemplo, como não são adotados limites máximos, pode haver, em alguns casos, além de iluminação insuficiente, também excesso de luz, e ambas as situações são capazes de provocar desconforto aos usuários do ambiente.

Além disso, a NBR 15575 e o RTQ-R não consideram o uso de ambientes residenciais para tarefas visuais que exigem maiores níveis de iluminância. Muitas vezes, como foi detectado nos questionários, os usuários acabam desempenhando diversas funções em um mesmo ambiente, além daquelas já esperadas. Por exemplo, tanto o dormitório quanto a sala de estar de algumas das UH do CRV são espaços utilizados para ler, costurar, fazer crochê. Devido ao poder econômico e pelo fato de se tratarem de ambientes exíguos, esse tipo de uso, que exige maior acuidade visual, deve ser esperado em HIS.

4.5.3 Análise da LN dos ambientes quanto aos pavimentos

Foi realizada uma análise do comportamento da LN com relação à altura da UH nos edifícios. A Tabela 10 apresenta todos os resultados obtidos para DA e UDI através das simulações realizadas. Lembrando que DA2 informa a porcentagem de horas do ano em que os níveis de iluminância ficaram acima de 60 lux enquanto DA1 acima de 120 lux. Já no que diz respeito aos intervalos de UDI, em $UDI < 60$ tem-se a porcentagem de horas que a iluminância ficou abaixo de 60 lux; em $UDI 60-120$ é apresentada a porcentagem de horas que o ambiente ficou no intervalo de 60 lux e 120 lux; $UDI 120-2000$ exibe a porcentagem de horas na faixa de 120 lux e 2000 lux; e, por fim, em $UDI > 2000$ tem-se a porcentagem de horas que os níveis de iluminância ficaram acima de 2000lux.

Conforme resultados que compõe a Tabela 10, com relação à disponibilidade de LN nos três diferentes pavimentos simulados – térreo (inferior), terceiro (intermediário) e quinto (superior) – verificou-se que, para todos os ambientes avaliados, em todas as orientações solares, ocorre um aumento nos níveis de iluminância em UH posicionadas em andares

superiores. Isso se deve ao fato de que a iluminação nas unidades localizadas nos pavimentos inferiores sofre interferência das edificações do entorno em determinadas horas do dia.

Tabela 10 – Resultados de DA e UDI para cada orientação e pavimento.

LESTE				
Ambiente	Variáveis dinâmicas (lux)	TÉRREO	3º PAVIMENTO	5º PAVIMENTO
DORMITÓRIO PRINCIPAL	DA2 60	80,5	87,6	94,7
	DA1 120	57,2	71,4	86,5
	UDI < 60	19,5	12,4	5,3
	UDI 60-120	23,3	16,2	8,2
	UDI 120-2.000	56,6	70,0	83,4
	UDI > 2000	0,6	1,4	3,1
AMBIENTE INTEGRADO	DA2 60	75,6	82,7	92,7
	DA1 120	56,9	68,6	83,8
	UDI < 60	24,4	17,3	7,3
	UDI 60-120	18,8	14,1	8,9
	UDI 120-2000	56,0	66,0	74,5
	UDI > 2000	0,9	2,6	9,3
OESTE				
Ambiente	Variáveis dinâmicas (lux)	TÉRREO	3º PAVIMENTO	5º PAVIMENTO
DORMITÓRIO PRINCIPAL	DA2 60	80,7	88,0	96,4
	DA1 120	56,9	71,0	87,4
	UDI < 60	19,3	12,0	3,6
	UDI 60-120	23,8	17,0	9,0
	UDI 120-2000	56,4	69,7	83,6
	UDI > 2000	0,5	1,4	3,8
AMBIENTE INTEGRADO	DA2 60	77,9	84,9	94,0
	DA1 120	59,9	71,9	86,1
	UDI < 60	22,1	15,1	6,0
	UDI 60-120	18,0	13,1	7,9
	UDI 120-2000	58,8	68,4	77,3
	UDI > 2000	1,1	3,4	8,8
NORTE				
Ambiente	Variáveis dinâmicas (lux)	TÉRREO	3º PAVIMENTO	5º PAVIMENTO
DORMITÓRIO PRINCIPAL	DA2 60	79,6	87,0	94,6
	DA1 120	55,1	69,0	85,9
	UDI < 60	20,4	13,0	5,4
	UDI 60-120	24,5	18,0	8,8
	UDI 120-2000	54,9	68,3	83,7
	UDI > 2000	0,3	0,8	2,2
AMBIENTE INTEGRADO	DA2 60	78,4	84,9	93,4
	DA1 120	61,1	71,9	84,9
	UDI < 60	21,6	15,1	6,6
	UDI 60-120	17,4	13,0	8,5
	UDI 120-2000	60,0	68,8	77,7
	UDI > 2000	1,1	3,1	7,1
SUL				
Ambiente	Variáveis dinâmicas (lux)	TÉRREO	3º PAVIMENTO	5º PAVIMENTO
DORMITÓRIO PRINCIPAL	DA2 60	80,3	87,4	96,1
	DA1 120	56,9	70,6	86,9
	UDI < 60	19,7	12,6	3,9
	UDI 60-120	23,4	16,8	9,2
	UDI 120-2000	56,2	69,0	83,0
	UDI > 2000	0,7	1,6	3,9
AMBIENTE INTEGRADO	DA2 60	77,2	84,4	94,4
	DA1 120	59,0	71,5	86,6
	UDI < 60	22,8	15,6	5,6
	UDI 60-120	18,3	12,9	7,7
	UDI 120-2000	57,8	67,8	74,9
	UDI > 2000	1,2	3,7	11,7

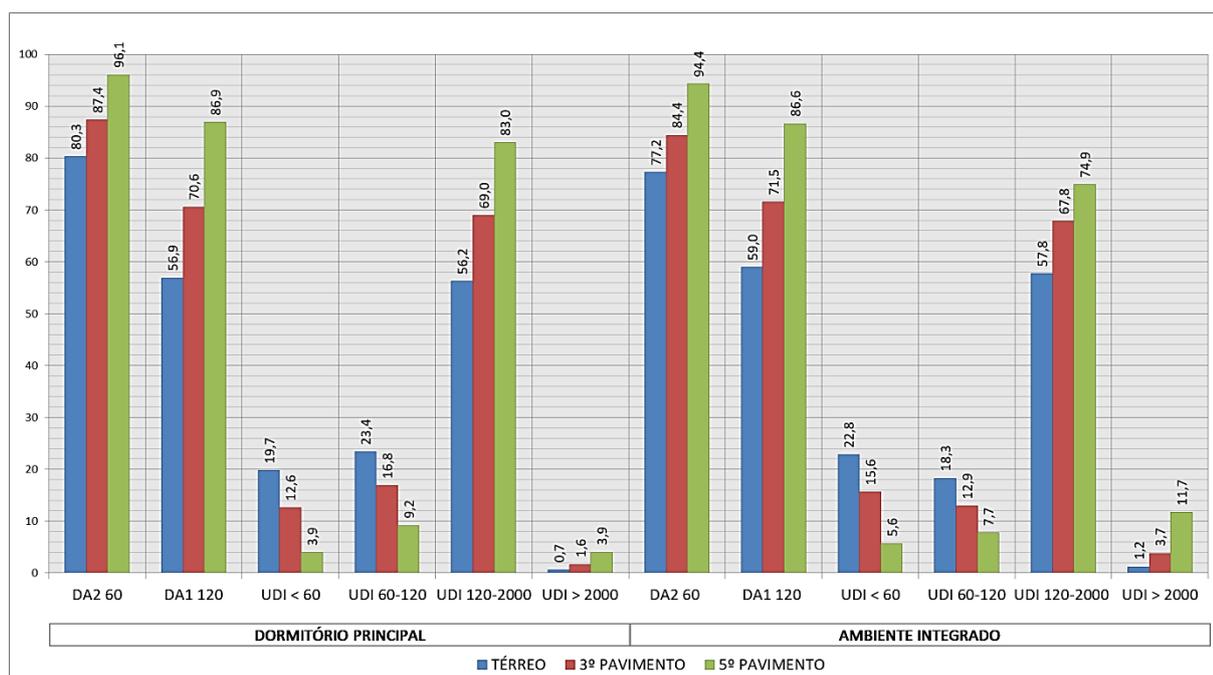
Fonte: Desenvolvido pela autora.

Observando o índice que determina o percentual de horas em que o ambiente fica abaixo de 60 lux ($UDI < 60$), percebe-se que, nas UH localizadas no térreo, o dormitório principal fica sem atingir ao menos 60 lux em aproximadamente 20% das horas do ano. Da mesma forma, os ambientes integrados posicionados no térreo chegam a ficar entre 21,6% e 24,4% das horas úteis do ano com iluminância abaixo de 60 lux. Analisando os valores de DA1 desse mesmo pavimento, os números para o dormitório principal estão em torno de 56%, sendo possível concluir que em aproximadamente 44% das horas esses ambientes não alcançam 120 lux. Para o ambiente integrado isso ocorre em torno de 41% das horas do ano.

Não são tão expressivos os valores que indicam o tempo em que os ambientes permanecem com iluminâncias superiores a 2000 lux, e como era previsto, os resultados para esse intervalo de UDI ($UDI > 2000$) possuem maior destaque no quinto pavimento. Ao comparar as diferenças entre o térreo e o terceiro pavimento e entre o terceiro pavimento e quinto pavimento, nota-se que ocorrem alterações mais significativas entre o terceiro e o quinto pavimento, sendo que este último chega a apresentar, na orientação Sul, 11,7% das horas com iluminâncias acima de 2000 lux.

No Gráfico 15 e na Figura 31, que apresentam de forma diferenciada as porcentagens de DA e dos intervalos de UDI para unidades posicionadas a Sul, é possível visualizar com clareza como se dá esse aumento da iluminação em cada pavimento.

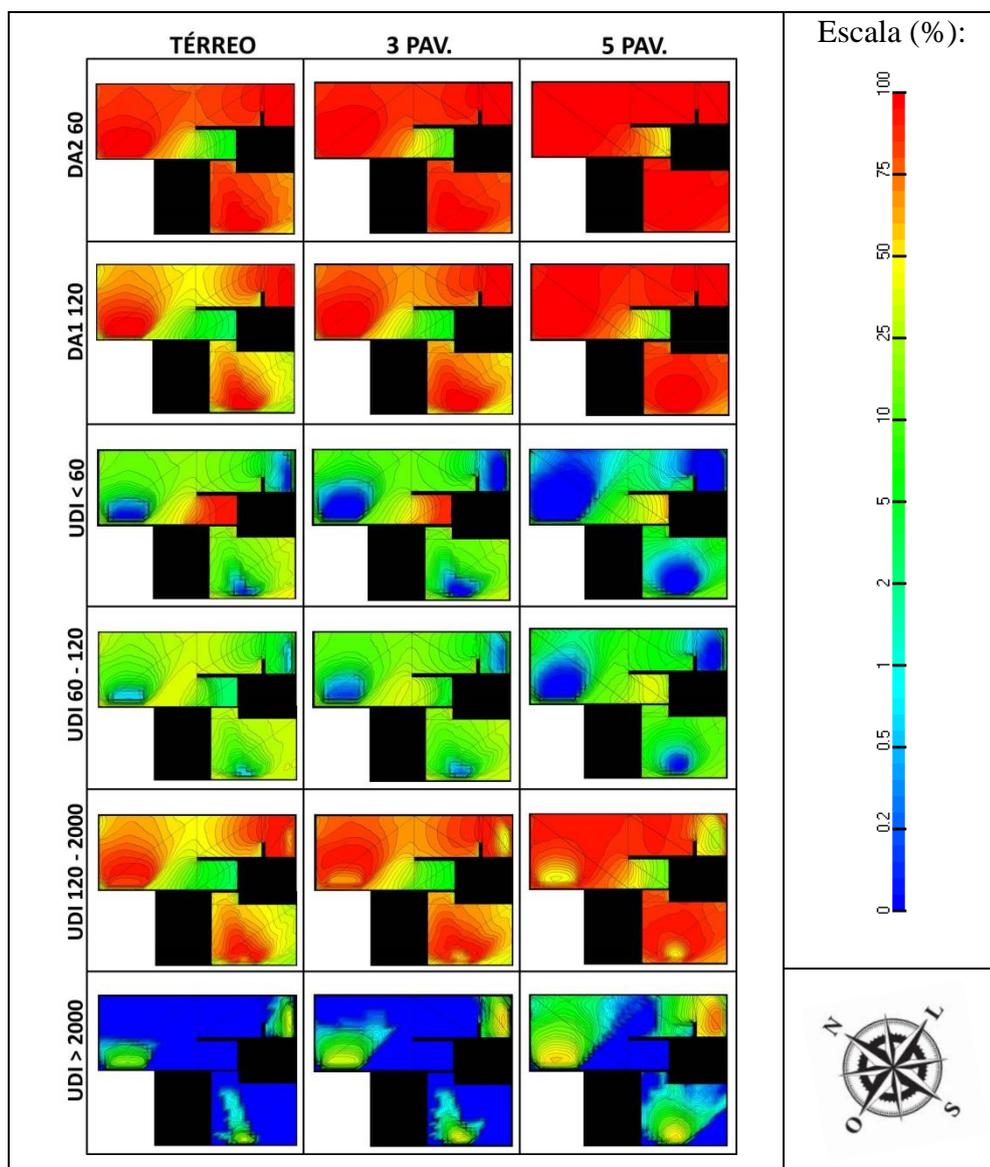
Gráfico 15 – Porcentagem de DA e UDI para os ambientes orientados a Sul.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

O gráfico de barras (Gráfico 15) demonstra o comportamento da LN através dos parâmetros adotados. Da mesma forma, a Figura 31 contém as plantas dos ambientes simulados com a porcentagem de horas alcançadas, de acordo com uma escala que especifica valores entre 0 e 100%. A análise visual qualitativa dos gráficos e imagens obtidas para os dois ambientes mostraram coerência na distribuição espacial dos resultados calculados em cada uma das métricas adotadas.

Figura 31 – Porcentagem de DA e UDI para os ambientes orientados a Sul.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

Nos resultados apresentados no Gráfico 15 e na Figura 31, tanto a porcentagem de horas em que os ambientes atingem os níveis de pelo menos 60 lux e 120 lux (DA2 e DA1,

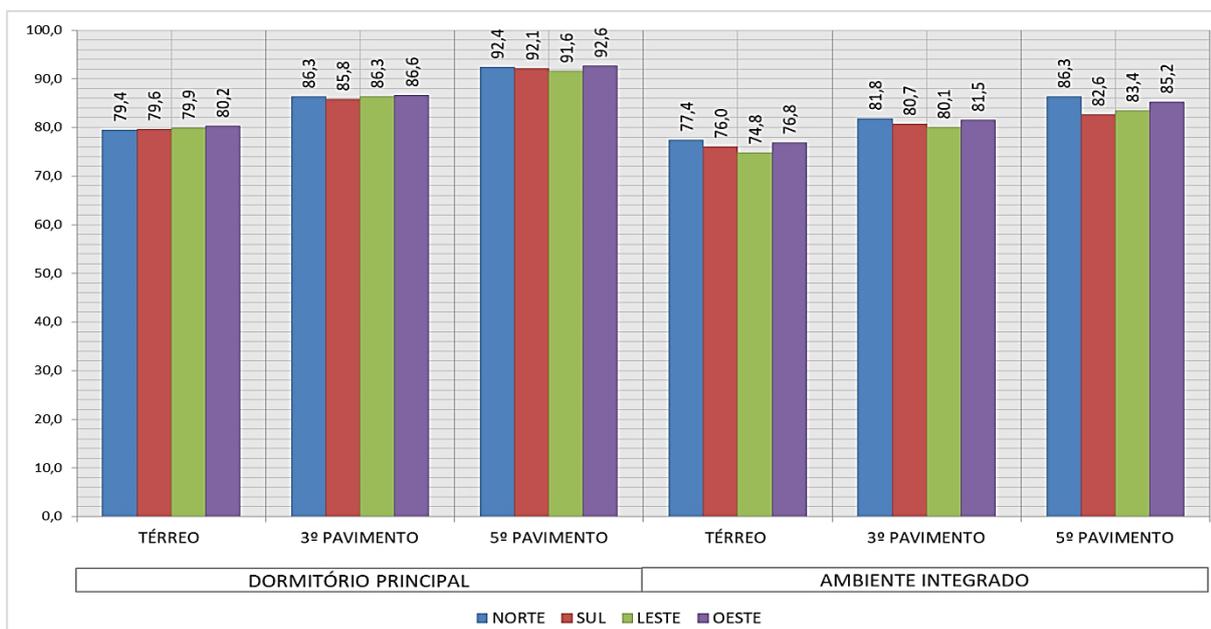
respectivamente) quanto a porcentagem de horas em um ano que a iluminância permanece nas faixas UDI 120 - 2.000 (limite médio e superior) e UDI>2000 (acima do limite superior), aumentam para os pavimentos mais altos na edificação. O contrário acontece com os intervalos mais baixos de UDI, em UDI<60 lux (inferior ao limite mínimo) e UDI 60-120 (entre o limite mínimo e o médio), que diminuem em função da altura da UH na edificação. Isso se repete para todas as orientações, sendo que os demais gráficos e mapas se encontram no APÊNDICE F e APÊNDICE G desta pesquisa, respectivamente.

Esses dados corroboram os resultados obtidos nos questionários e explicam os motivos pelos quais os usuários apresentaram maiores índices de satisfação no quarto pavimento. Em pavimentos inferiores, há momentos com índices de iluminância insuficientes, e no superior, há maior possibilidade de ocorrência de desconforto devido ao ofuscamento.

4.5.4 Análise da LN dos ambientes quanto à orientação solar

A fim de investigar a existência de alguma orientação solar mais ou menos favorável para a iluminação natural das UH do CRV, foi realizada uma análise baseada na porcentagem de horas em que os ambientes permaneceram com iluminâncias úteis, ou seja, na faixa de 60 lux a 2000 lux, somando os valores médios encontrados nos intervalos UDI 60-120 e UDI 120-2000. Os resultados para cada orientação solar são apresentados no Gráfico 16.

Gráfico 16 – Porcentagem de horas com iluminâncias úteis.



Fonte: Desenvolvido pela autora.

A análise dos valores presentes no Gráfico 16 mostra que, assim como nos dados coletados relativos à satisfação do usuário, as simulações mostraram que a orientação solar das UH do CRV não representa um fator determinante na disponibilidade de LN no interior das habitações. A forma com que os edifícios foram implantados no terreno (ver orientação solar das UH no APÊNDICE H) possibilita uma condição similar de acesso da iluminação natural em todas as orientações solares. As diferenças encontradas não são significativas estatisticamente, a ponto de se definir uma melhor orientação para as unidades.

4.6 SÍNTESE DAS ANÁLISES DESENVOLVIDAS E DIAGNÓSTICO GERAL

Através da aplicação dos questionários, foi possível identificar os níveis de satisfação dos usuários do CRV sob o aspecto da LN de suas UH e, especificamente, dos ambientes analisados. De acordo com os resultados obtidos, percebe-se que a grande maioria dos moradores classificou como boa a iluminação da sua UH e de cada ambiente individualmente analisado e, portanto, se diz satisfeito com a qualidade da iluminação natural disponível.

A coleta a campo também permitiu identificar alguns fatores que contribuem positiva ou negativamente na maneira como esses usuários percebem a luz dentro dos espaços, e que foram significativos no posicionamento satisfatório ou insatisfatório de cada respondente. Dentre eles, destaca-se a influência das tonalidades utilizadas no interior dos ambientes. Mesmo que seja apenas com relação às cores do mobiliário, esse aspecto se mostrou significativo, uma vez que todos os ambientes que possuíam móveis escuros tendiam a reduzir os níveis de satisfação quando comparados a ambientes com móveis claros.

Outro ponto que apresentou relevância para o estudo foi o posicionamento das UH em cada pavimento. Dos cinco pavimentos existentes, todos abrangidos pela amostra, as unidades posicionadas no quarto pavimento apresentaram os maiores níveis de satisfação entre os usuários, enquanto as do terceiro e quinto tiveram níveis ligeiramente inferiores, e o térreo e segundo pavimentos concentraram o maior número de insatisfeitos. Com isso, se percebeu que unidades muito inferiores se tornam menos confortáveis em virtude da falta de luminosidade causada pelas influências do entorno em determinados momentos do dia, ao contrário do quinto pavimento, no qual isso deve ocorrer devido excesso de luminosidade.

Ao aproximar-se da realidade vivenciada, também foi possível detectar os tipos de atividades desenvolvidas em cada ambiente analisado. Usualmente, o espaço de cozinha e lavanderia de qualquer habitação convencional já é identificado como área de serviços, onde atividades manuais como cozinhar, lavar e secar são desempenhadas com frequência, o que

não foi diferente no CRV. Entretanto, pode-se notar que os demais ambientes analisados que compõe a UH – sala e dormitório principal – são palco de diversas tarefas excêntricas a esses locais – como costurar, fazer crochê, passar roupas, ler, cozinhar – as quais exigem maiores níveis de iluminância para que possam ser executadas sem esforço e sem prejuízos ao conforto visual dos usuários. Só que as normas vigentes não fazem menção à esse tipo de tarefas em ambientes residenciais.

Dentre os aspectos relevantes detectados através das avaliações técnicas, nota-se que as UH do CRV não atendem ao RTQ-R e ao Código de Obras de Santa Maria no que diz respeito aos vãos mínimos de iluminação, mesmo o último já estando em vigor no ano em que o projeto do empreendimento foi aprovado. O RTQ-R define com clareza que o cálculo deve considerar apenas o vão da abertura que efetivamente permite a entrada de LN. Porém, nota-se deficiência nas normativas, uma vez que o Código de Obras de Santa Maria não especifica que os vãos a se considerar são apenas aqueles que permitem o acesso efetivo de LN, e a atual norma de desempenho, a NBR 15575, sequer menciona vão mínimo para a iluminação natural.

Foram atendidas as recomendações da NBR 15575 no que diz respeito à altura dos peitoris e das cotas das testeiras das janelas. Entretanto, novamente se percebe necessário uma correta especificação na normativa, já que, em determinadas esquadrias, a medida do caixilho pode modificar de forma significativa a altura do vão real de iluminação. Os cômodos analisados também estão de acordo no que diz respeito aos índices de refletância do teto e à relação de profundidade do ambiente com a abertura de iluminação, ambos os critérios encontrados no RTQ-R. Ainda, os afastamentos mínimos adotados para os edifícios do CRV atendem a LUOS, o que não evitou que houvesse alterações na luminosidade em algumas UH e, conseqüentemente, nos níveis de satisfação dos usuários.

Por meio da simulação, e do uso do programa computacional APOLUX, verificou-se que os níveis de iluminância alcançados nos ambientes analisados atendem tanto ao RTQ-R quanto a NBR 15575. Porém, ponderando que houve uma queda considerável ao se comparar os níveis que eram exigidos pela NBR 5413³⁰ e também que os ambientes analisados são utilizados para diferentes tipos de atividades, foram investigados se esses espaços também estariam de acordo caso os níveis mínimos estabelecidos fossem 120 lux (nível superior proposto pela NBR 157575), resultando na maioria dos ambientes sem alcançar os critérios definidos, principalmente aqueles localizados do térreo ao terceiro pavimento.

³⁰ A NBR 5413 (ABNT, 1992) foi substituída pela ISO/CIE 8995 (NBR, 2013b), porém, a segunda não estabelece níveis mínimos de iluminância para ambientes residenciais.

O mesmo foi observado a partir da metodologia desenvolvida para a classificação dos ambientes por desempenho, realizada utilizando os intervalos úteis de iluminação (UDI). Tanto o dormitório principal quanto o ambiente integrado tiveram desempenho intermediário. Em média, todos os ambientes do térreo apresentaram apenas desempenho mínimo, e só alcançaram desempenho superior os dormitórios localizados no quinto pavimento.

Ao se comparar o acesso de LN nas quatro diferentes orientações, verificou-se que a forma com que os edifícios foram implantados no terreno possibilita uma condição similar de acesso da iluminação natural em todas as orientações solares. As diferenças encontradas não são significativas estatisticamente, a ponto de se definir uma melhor orientação para as unidades.

Posteriormente, os resultados obtidos por meio das avaliações desenvolvidas serviram como suporte para a proposição de melhorias para o CRV, para proposição de novas diretrizes de projeto e para sugestões para a legislação empregada.

4.7 PROPOSIÇÃO DE DIRETRIZES

A partir dos pontos positivos e negativos detectados no estudo, foram estabelecidas diretrizes e orientações gerais, algumas capazes de serem implementadas no CRV, ou então em futuros empreendimentos e edificações similares ou não. Além disso, também foram pontuadas sugestões para as normativas abordadas nesta pesquisa, conforme pode ser observado nos itens que seguem:

- a) ponderar, nas normativas, que tarefas que exijam maiores níveis de iluminância também podem fazer parte da rotina e cotidiano de uma habitação;**

No decorrer da pesquisa a campo, nas UH do CRV, foi constatada a ocorrência de tarefas que são desenvolvidas em locais inapropriados. No dormitório principal e na sala foram detectadas diversas atividades que exigem maiores níveis de iluminância, e que são excêntricas a esses locais. As normativas vigentes, que estipulam níveis mínimos de iluminância para construções residenciais, devem ser coerentes com a realidade encontrada nas edificações.

- b) desenvolver projetos que atendam às necessidades específicas dos clientes;**

Os projetistas devem estar a par das necessidades e tipos de atividades realizadas pelos clientes finais, principalmente ao se falar de HIS, onde os ambientes são compactos e as tarefas são desempenhadas de acordo com os espaços disponíveis. Estudos envolvendo

técnicas de APO representam uma boa alternativa para a aproximação e conhecimento do cotidiano dos usuários dessas habitações. Dessa forma, é possível criar projetos compatíveis com o uso, que previnam a utilização de luz artificial durante o dia, proporcionando maior eficiência energética, conforto e economia.

c) reavaliar os critérios de afastamentos mínimos presentes na LUOS;

No CRV, verificou-se que foram respeitados os afastamentos mínimos exigidos pela LUOS, porém, ficou clara a interferência do sombreamento no interior das unidades localizadas em pavimentos inferiores. É necessário aprofundar o estudo dos afastamentos mínimos contidos na lei, verificar se estão sendo satisfatórios para o desenvolvimento de edificações energeticamente eficientes, e se for o caso, adaptá-los para as atuais condições existentes.

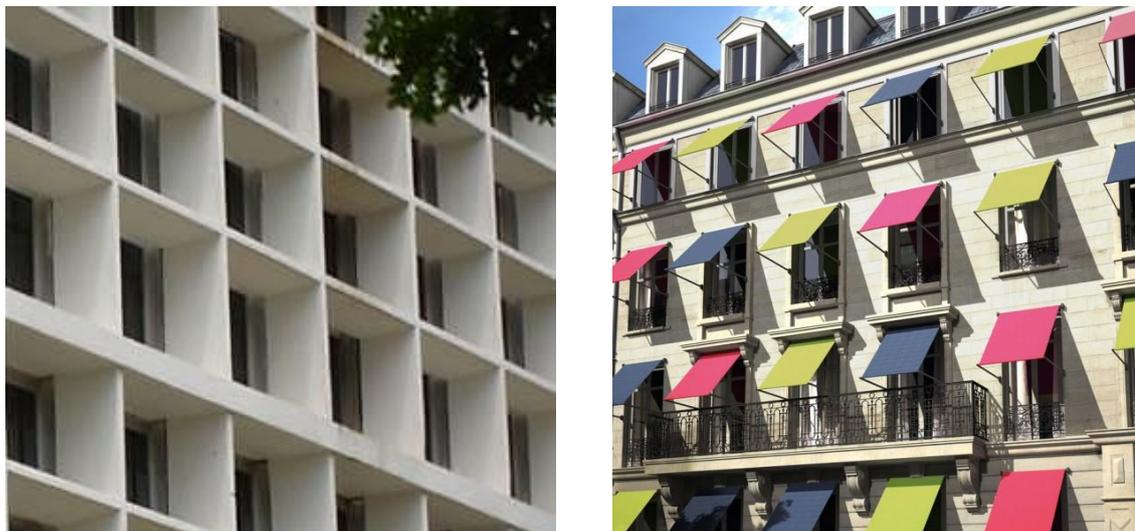
d) desenvolver estudos de fachada, que permitam, por exemplo, o uso de diferentes dimensões de esquadria no decorrer dos andares;

Durante a pesquisa, foram detectados maiores índices de insatisfação em pavimentos mais inferiores, sendo que no térreo e no segundo pavimento se concentraram os maiores números de usuários insatisfeitos com a LN das UH. Além de reavaliar os afastamentos que vem sendo adotados, também há a possibilidade de se criar outros artifícios para propor condições de luminosidade adequadas e uniformes em todos os pavimentos que compõe edificações multifamiliares, como, por exemplo, trabalhar com diferentes dimensões de esquadria, de acordo com a disponibilidade luminosa existente em cada pavimento e orientação solar. Para isso, os projetistas precisam conhecer as interferências do entorno e as alterações climáticas de cada local.

e) propor elementos de fachada que amenizem a incidência de insolação direta, e continuem permitindo a entrada da LN;

Foram encontrados índices menores de satisfação no quinto pavimento, quando comparado ao quarto pavimento. Além disso, as simulações dinâmicas da LN mostraram que o quinto pavimento apresentou maior tempo do ano e área dos ambientes com iluminâncias acima de 2000 lux. São necessárias estratégias de projeto que favoreçam uma iluminação natural adequada e confortável no interior da UH, com atenção especial aos pavimentos que ficam mais expostos a radiação solar direta. Essas interferências podem ser amenizadas com protetores solares como o brise-soleil, sendo o toldo uma alternativa ainda mais econômica para o caso de HIS. Na Figura 32 é possível observar a aplicação prática de ambas às soluções.

Figura 32 – Uso de brise-soleil (esquerda) e toldo (direita).



Fonte: PORTAL AECWEB, 2018; PORTAL CRISTALYTOLDO, 2018.

f) abordar de forma clara nas normativas o que se deve considerar para calcular os vãos mínimos de iluminação em função da área do piso;

Como já mencionado, o Código de Obras de Santa Maria não esclarece em seu texto que no cálculo dos vãos mínimos de iluminação deve se considerar apenas o vão efetivamente desobstruído da abertura, e não a sua medida nominal, enquanto a NBR15575 nem chega a especificar percentuais mínimos de aberturas para iluminação natural. O RTQ-R define com clareza esses aspectos relacionados à esquadria, e pode ser usado como referência para as demais normativas.

g) considerar as interferências dos caixilhos nos cálculos que envolvem o acesso da LN e a comunicação com o exterior;

Da mesma forma que foram apontadas inconsistências a respeito dos vãos de iluminação, nota-se, também, uma incorreta abordagem na avaliação da altura das aberturas, uma vez que a NBR15575 estabelece alturas para peitoril e cota testeira, mas não faz menção à medida dos caixilhos. Dependendo do tipo e características da abertura, os caixilhos podem interferir de forma significativa nessas dimensões.

h) projetar ambientes com tetos e demais superfícies com tonalidades claras;

Praticamente todas as UH vistoriadas apresentam cor do teto branca, atendendo às recomendações previstas no RTQ-R, e a grande maioria dos ambientes analisados também possui cores claras nas paredes e no piso. Segundo Souza et al. (2001), existe “uma relação direta entre a variação da refletância média das superfícies e a variação dos níveis internos de

iluminação.” Nesse sentido, Fonseca et al. (2010) fazem algumas sugestões para o melhor aproveitamento da luz refletida no interior dos espaços, indicando o uso de cores com altas refletâncias nos locais mais afastados às aberturas e com refletâncias médias nos pontos mais próximos a elas, a fim de evitar o ofuscamento. Principalmente em HIS, torna-se importante adotar esse tipo de solução que aperfeiçoa os efeitos da LN no interior das habitações, bem como, mostrar aos usuários os benefícios alcançados com essas medidas, para que permaneçam aplicando esses conceitos no decorrer do uso e manutenção de suas UH. A Figura 33 mostra o efeito da escolha das cores no interior de um ambiente.

Figura 33 – Alterações no interior dos ambientes em função da escolha das cores.



Fonte: PORTAL PROJETEJA, 2015.

i) dar preferência para tonalidades claras no mobiliário;

Os móveis dos ambientes analisados possuíam, na maioria, tonalidade média ou clara, o que favoreceu positivamente nos níveis de satisfação, já que cores mais claras possuem índices de refletâncias mais elevados. Isso já é sabido entre os projetistas, porém, mostra-se relevante disseminar esse tipo de informação entre os usuários de HIS, orientando que o uso de cores claras no mobiliário traz benefícios para a iluminação dos ambientes.

5. CONCLUSÕES

Através do estudo realizado, é possível verificar que a grande maioria dos usuários do CRV se diz satisfeita com a iluminação natural disponível em suas UH. Porém, por meio de outros procedimentos metodológicos empregados, como a verificação do atendimento às normas vigentes e o uso da simulação computacional dinâmica, se tornou possível avaliar, de forma técnica, o desempenho dessas UH no que diz respeito aos aspectos ligados a LN. Essa avaliação, sob o ponto de vista técnico, também possibilitou levantar debates críticos a respeito de como as normas vigentes abordam as questões relativas à iluminação natural.

De forma geral, nas avaliações técnicas desenvolvidas, os ambientes atenderam os critérios de iluminância presentes no RTQ-R e na NBR 15575. Porém, ao considerar parâmetros de 120 lux, a maior parte dos ambientes não teve resultado satisfatório, e se mostraram, em média, com desempenho intermediário de iluminação. Foi possível perceber que, mesmo que os níveis de satisfação tenham se apresentado altos, os limites mínimos de iluminância exigidos pelas normas podem não ser suficientes para garantir o conforto dos usuários em determinadas situações. Nem a NBR 15575 e nem o RTQ-R consideram a possibilidade de ambientes residenciais também desempenharem tarefas que exijam maiores níveis de iluminância, o que foi detectado através da aplicação dos questionários.

Ainda durante o projeto, demonstra-se indispensável o conhecimento prévio das necessidades específicas do público que será atendido e das diferentes tarefas que serão desempenhadas no interior das habitações, para que os ambientes e o acesso à LN sejam pensados de forma a proporcionar pleno conforto visual aos usuários. Entretanto, como foi relatado no decorrer da pesquisa, foram observadas diversas pendências nas normativas vigentes, que precisariam ser mais bem estruturadas, para que as melhorias nas condições de LN e no processo construtivo de HIS fossem, efetivamente, uma realidade.

Também se mostram relevantes, ainda durante a fase de projeto, o conhecimento da disponibilidade de LN existente e das condições climáticas de cada local e o estudo da disposição ideal das edificações e das influências do entorno imediato no interior das UH. Ainda, os resultados obtidos nas simulações, que verificaram as influências na iluminação dos ambientes de acordo com a altura da UH no edifício, corroboram com os resultados parciais constatados por meio dos níveis de satisfação, e explicam os motivos pelos quais os usuários apresentaram maiores índices de satisfação no quarto pavimento. Nos pavimentos inferiores, existem momentos em que os ambientes apresentam índices de iluminância insuficientes, e no superior, há maior possibilidade de ocorrência de desconforto devido ao ofuscamento.

Ao se observar as fachadas de edifícios residenciais de uma forma geral, percebe-se que existe uma rigidez na escolha do tipo e tamanho das esquadrias. Uma solução para amenizar as interferências do entorno seria o desenvolvimento de estudos de fachadas, que permitam, por exemplo, o uso de diferentes dimensões de esquadrias no decorrer dos andares, diminuindo suas medidas ao passo que os pavimentos vão ficando mais elevados, e permitindo que a claridade proveniente da luz do dia incida de forma similar em todas as unidades habitacionais que compõe o edifício. Além disso, fazer uso de artifícios que impeçam a incidência de luz solar direta também deveria ser considerado para HIS.

Nesse sentido, ainda foram detectadas discrepâncias nas normativas com relação à especificação das esquadrias empregadas nas construções. Leder et al. (2015) já comprovaram os impactos causados pelas variações das aberturas (especificações) no desempenho da LN de ambientes. Da mesma forma, nesse estudo, onde foram realizadas avaliações com base nas dimensões das esquadrias utilizadas no CRV, verifica-se uma grande diferença ao se comparar o vão nominal das janelas ou vão livre de iluminação, principalmente naquelas presentes nos dormitórios. Por isso, a correta especificação das esquadrias, com apresentação dos tipos de fechamento, material e percentual de área de iluminação em função da área do ambiente, deveriam ser critérios exibidos com clareza nas normativas que tratam do acesso da LN no interior das edificações.

Além disso, em espaços exíguos como são os ambientes em estudo, revela-se de grande importância a escolha correta das tonalidades empregadas no interior das habitações, bem como, o esclarecimento aos usuários para que tais características continuem sendo aplicadas no decorrer do uso e manutenção das UH, inclusive no mobiliário utilizado. A ocorrência de um maior número de ambientes com cores de tonalidades claras ou médias em seu interior, inclusive no mobiliário, foi um aspecto que influenciou de forma positiva na satisfação dos usuários do CRV.

Merece destaque, ainda, a possibilidade do uso da simulação computacional nesta pesquisa. O programa APOLUX facilitou a análise da grande quantidade de dados anuais, necessários para o cálculo da iluminação natural de edificações. A partir dos resultados das simulações dinâmicas desenvolvidas foi possível obter orientações para as decisões de projeto. Em contrapartida, nota-se um retrocesso nas normas vigentes, que ainda utilizam a abordagem do FLD como método de avaliação. Por exemplo, a NBR 15575 propõe tal método, com limites baseados em normas estrangeiras, na contramão de todos os estudos que vêm sendo desenvolvidos, uma vez que a simulação estática ignora as diferentes condições

climáticas de cada região e as variações que ocorrem durante o ano (MORAES E PEREIRA, 2014).

De forma geral, o estudo contribuiu com informações acerca do processo de avaliação do desempenho luminoso e energético das habitações, possibilitando identificar erros e acertos que foram determinantes no desempenho da LN. Os resultados obtidos por meio das avaliações desenvolvidas serviram como suporte para proposição de novas diretrizes, que englobam melhorias para o CRV, diretrizes de projeto para futuros empreendimentos semelhantes e sugestões para a legislação empregada. Pretende-se, com isso, fornecer embasamento para qualificação do processo de produção e uso das HIS, respaldar recomendações e intervenções para o ambiente em estudo e retroalimentar o processo de projeto, resultando na melhoria de construções similares no futuro e da qualidade de vida dos usuários.

5.1 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

Durante o desenvolvimento da pesquisa foram encontradas algumas limitações. Com relação à aplicação dos questionários e preenchimento das fichas técnicas, momento que permitiu o contato direto com os usuários, surgiram alguns obstáculos que impediram a coleta de determinadas informações, as quais poderiam ser mais bem trabalhadas e analisadas. Dentre as principais limitações, estão:

- a) as datas agendadas para a coleta coincidiram, basicamente, em dois dias com céu parcialmente encoberto e em um dia de céu claro, não havendo um padrão de condições climáticas para todas as UH que fizeram parte da amostra. Por esse motivo, não se pode coletar dados momentâneos da influência de radiação solar direta e sombreamento causado pelo entorno;
- b) o baixo nível de instrução dos respondentes, que fez com que fossem necessários esclarecimentos constantes sobre as diferenças entre a iluminação natural e a iluminação artificial e como esses aspectos deveriam ser considerados para responder as questões. Ainda, esse mesmo fator resultou na incapacidade de levantar o tipo de problema de visão que possuíam;
- c) as análises do posicionamento do mobiliário em relação aos pontos de entrada de luz natural não puderam ser aprofundadas, já que, no CRV, verificou-se que essa disposição se dá em função da área disponível, não variando significativamente de UH para UH; e

- d) apesar de terem sido relatados pelos usuários diversos problemas relacionados ao CRV, nota-se que existe uma dificuldade em ultrapassar os níveis de satisfação incondicionais. De uma forma geral, há um contentamento com o lar adquirido que se sobressai às deficiências existentes na habitação, sobretudo com relação à luz natural.

Pelo fato da simulação computacional da LN demandar um longo tempo de execução, não foi possível avaliar um número maior de modelos, apenas aquele baseado na forma com que as UH foram entregues aos usuários e, por isso, análises de outros fatores não puderam ser realizadas, como, por exemplo:

- a) simular ambientes mobiliados e as interferências da disposição, cor e acabamento dos móveis nos índices de iluminância internos, para, posteriormente, comparar os resultados com as informações coletadas nos questionários;
- b) simular as influências da escolha de diferentes propriedades óticas no teto, piso e paredes internas, e verificar quais superfícies interferem de forma mais significativa na qualidade da iluminação natural no interior das UH;
- c) comparar resultados da aplicação de diferentes cores e materiais nas fachadas dos prédios e nos piso externos, a fim de verificar como podem ser otimizadas as interferências do entorno; e
- d) testar soluções de brises, toldos ou prateleiras de luz, capazes de aprimorar e regular, conforme a necessidade, a entrada de luz natural no interior das habitações.

5.2 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

A partir dos resultados obtidos e das limitações encontradas no decorrer desta pesquisa, sugere-se alguns aspectos a serem investigados em trabalhos futuros:

- a) dar continuidade a estudos de iluminação natural de HIS, para descobrir novos métodos de coleta de informações e aprimorar os já existentes, de forma que se permita a participação dos usuários, conseguindo vencer níveis incondicionais de satisfação;
- b) aprofundar o estudo do impacto das variações das propriedades óticas dos materiais no desempenho da iluminação natural no interior dos ambientes;

- c) estudar as possibilidades de variações geométricas dos ambientes, testando diferentes profundidades, largura e altura, bem como, o posicionamento e o número de aberturas;
- d) avaliar a possibilidade de implantação de prateleiras de luz para aperfeiçoar a distribuição e o controle da luz natural interna em condições de obstrução externa causada pelo entorno;
- e) aprofundar o estudo de soluções e estratégias que aprimorem a qualidade da iluminação natural no interior das habitações e que tenham um custo baixo de execução, para que, de fato, possam ser implementadas em HIS; e
- f) estudar diferentes afastamentos e alturas de edifícios, considerando a orientação solar e as condições climáticas de Santa Maria, para descobrir quais modelos melhor corresponderiam em termo de disponibilidade de luz natural no interior dos ambientes, e se for o caso, propor uma reavaliação dos critérios propostos pela LUOS.

REFERÊNCIAS

ABIKO, A. K.; ORNSTEIN, S. W. **Inserção Urbana e Avaliação Pós-Ocupação (APO) da Habitação de Interesse Social**. Coletânea Habitare/FINEP, 1. 373p. São Paulo: FAUUSP, 2002.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE SANTA MARIA – ADESM. **Habitação**. Infraestrutura. Disponível em: <<http://santamariaemdados.com.br/8-infraestrutura/9-2-habitacao/>> Acesso em 06 de novembro de 2016.

ALBUQUERQUE, D. D. **Avaliação da Influência da Luz Natural na Redução do Consumo de Energia em Edifícios Comerciais**: Uma análise em Maceió – AL. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade Federal de Alagoas. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo. Maceió, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.

_____. **NBR 5413**: Iluminância de Interiores. Rio de Janeiro, 1992.

_____. **NBR ISO/CIE 8995**: Iluminação de ambientes de trabalho. Parte 1: Interior. Rio de Janeiro, 2013b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DOS ESCRITÓRIOS DE ARQUITETURA RIO GRANDE DO SUL – AsBEA-RS. **NBR 15575** – Edificações Habitacionais – Desempenho. Caderno Técnico. 1ª ed. vol. 1. Porto Alegre: AsBEA-RS, 2014.

BAKER, N.; FANCHIOTTI, A., STTEMERS, K., **Daylighting in architecture** – a European reference book. Commission of the European Communities, Directorate – General XII for Science Research and Development, London: James & James Ltd, 1993.

BECK, Luciana M.; ZOCCOLI, Ani; FRANÇA, Ana B.; PEREIRA, Fernando O. R.; FONSECA, Raphaela W. da. **Estudo das Medidas Dinâmicas de Desempenho da Luz Natural Frente às Preferências dos Usuários**. In: XVI ENTAC – Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, 2016. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

BERTOLINI, Enzo. **Piora o déficit habitacional nacional, segundo o SindusCon-SP**. Caderno Habitação. Portal Sinduscon/SP. Publicado em 26/05/2017. Disponível em: <<https://www.sindusconsp.com.br/piora-o-deficit-habitacional-nacional-segundo-o-sinduscon-sp/>>. Acesso em 23 de junho de 2018.

BLOWER, Hélide Cristina Steenhagen; AZEVEDO, Giselle Arteiro Nielsen. **A Influência do Conforto Ambiental na Concepção da Unidade de Educação Infantil**: Uma Visão Multidisciplinar. In: 7º Seminário Internacional Espaço Sustentável "Inovações em Edifícios e Cidades" do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP: NUTAU/USP, 2008.

BLUMENSCHNEIN, R. N.; et al. **Avaliação da Qualidade da Habitação de Interesse Social**: Projetos Urbanístico e Arquitetônico e Qualidade Construtiva. 1ª edição. 214 p. Brasília: UnB, FAU, 2015.

BRASIL. Constituição (1988). **Constituição da República Federativa do Brasil**. Emenda Constitucional nº 26, de 14 de fevereiro de 2000. Altera a redação do art. 6º da Constituição Federal. Brasília, DF, 14 de fevereiro de 2000. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/emendas/emc/emc26.htm>. Acesso em 27 de setembro de 2018.

BRASIL. Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. **RTQ-R Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (MDICE) – Inmetro. Brasília: Procel Edifica. 2012.

BRONDANI, S. A. **A Percepção da Luz Artificial no Interior de Ambientes Edificados**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

CAIXA ECONÔMICA FEDERAL – CEF. **Minha Casa Minha Vida** – Recursos FAR. Poder Público – Programas da União – Habitação. Disponível em: <<http://www.caixa.gov.br/poder-publico/programas-uniao/habitacao/minha-casa-minha-vida/Paginas/default.aspx>>. Acesso em 15 de maio de 2017.

CARRARD, Marcos. **Cor e Iluminação**. Ed. Unijuí, 1998. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/rogerio/materiais/cor_iluminacao.pdf> Acesso em 25 de julho de 2018.

CHAER, Galdino; DINIZ, Rafael Rosa Pereira; RIBEIRO, Elisa Antônia. **A técnica do questionário na pesquisa educacional**. Evidência, Araxá: UNIARAXÁ, v. 7, n. 7, p. 251-266, maio 2011.

CLARO, A. **Modelo Vetorial Esférico para Radiosidade Aplicado à Iluminação Natural**. Orientação de Fernando Oscar Ruttkay Pereira. Florianópolis. 1998. 178p. Tese (Pós-graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1998.

CLARO, A. **Método para Determinação da Estimativa Anual de Luz Natural Utilizando o Modelo Vetorial Esférico para Radiosidade**. Tese (apresentada à Banca para Progressão a Professor Titular) – Departamento de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2015.

CUNHA, Agostinho de Vasconcelos Leite da. **Avaliação do Programa Apolux Segundo Protocolos de Modelos de Céu do Relatório Técnico CIE 171:2006**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2011.

DIDONÉ, E. L.; PEREIRA, F. O. R. **Simulação computacional integrada para a consideração da luz natural na avaliação do desempenho energético de edificações**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 139-154, out./dez. 2010.

ELETOBRAS PROCEL. LAMBERTS, Roberto (coord.). **Manual para aplicação do RTQ-R**. v. 1, com base na Portaria n. 18/2012. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2011.

_____. AGUIAR, João Carlos Rodrigues (coord.). **Manual de Iluminação**. Florianópolis: Eletrobras/Procel, 2012.

_____. VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto Limberger (organizadores). **Iluminação Eficiente: Iniciativas da Eletrobras Procel e Parceiros**. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2013.

FREITAS, F. G. de; CAMARGO, E. N. de. **Pesquisa de Satisfação dos Beneficiários do Programa Minha Casa Minha Vida**. Ministério das Cidades / Secretaria de Assuntos Estratégicos da Presidência da República. 120 p. Brasília, DF: MCIDADES; SNH; SAE-PR; IPEA, 2014.

FONSECA, Raphaela Walger da; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay; CLARO, Anderson. **Iluminação natural**: a contribuição de suas reflexões no interior do ambiente construído. Pós, São Paulo, v.17, n.28, p. 198-217, dez. 2010.

GARROCHO, J. S. **Luz Natural e Projeto de Arquitetura**: Estratégias para Iluminação Zenital em Centros de Compras. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade de Brasília. Brasília, 2005.

GOVERNO DO BRASIL. **Minha Casa Minha Vida representa 70% do mercado imobiliário**. Portal do Governo Federal. Publicado em 04/05/2018. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/editoria/infraestrutura/2018/05/minha-casa-minha-vida-representa-70-do-mercado-imobiliario-1>>. Acesso em 23 de julho de 2018.

HENDGES, Antonio Silvio. **Poluição Luminosa**: Apague a luz, por favor! Artigo publicado por EcoDebate em 20 de julho de 2016. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/557995-poluicao-luminosa-apague-a-luz-por-favor>> Acesso em 15 de maio de 2017.

ILLUMINATING ENGINEERING SOCIETY – IES. **Lighting Handbook**. The Standard Lighting Guide. p. 866. First Edit ed. New York City, New York: Illuminating Engineering Society, 1947.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Panorama**. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rs/santa-maria/panorama>>. Acesso em 25 de julho de 2018.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO DE SANTA MARIA – IPLAN. **Geoprocessamento**. Disponível em: <<http://iplan.santamaria.rs.gov.br/site/home/pagina/id/139>>. Acesso em 13 de abril de 2018.

JARAMILLO, C. B. **Alterações na Distribuição da Luz Natural Causados Pelos Agrupamentos de Estudantes em Salas de Aula**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2014.

KOWALTOWSKI, Doris; SILVA, Vanessa Gomes da; PINA, Silvia A. Mikami G.; LABAKI, Lucila C.; RUSCHEL, Regina C.; MOREIRA, Daniel de Carvalho. **Quality of Life and Sustainability Issues as Seen by the Population of Low-Income Housing in the Region of Campinas, Brazil**. Habitat International, v. 30, n. 4, p. 1100-1114, 2006.

LAMBERTS, R. DUTRA, L. PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3ª edição. Rio de Janeiro: Eletrobras/Procel, 2014.

LAY, M. C. D.; REIS, A. T. da L. **Análise Quantitativa na Área de Estudos Ambiente-Comportamento**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 5, n. 2, p. 21-36, abr./jun. 2005.

LEDER, S. M.; LEAL, L. Q.; LIMA, E. F. C. **Percentual de abertura na fachada e tipos de fechamento no desempenho lumínico da edificação**. In: XIII Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído (ENCAC); IX Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído (ELACAC). **Anais...** Campinas, 2015.

LIKERT, Rensis. **A Technique for the Measurement of Attitudes**. NEW YORK UNIVERSITY. Archives of Psychology, 140. Editor: R. S. Woodworth, New York, June of 1932.

LIMA, M. **Análise de inadequações projetuais do setor serviço sob a ótica da geração de valor para o usuário em habitações de interesse social**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2011.

LIMA, Tais B. S. de. **Uso da simulação computacional em projetos de iluminação interna**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2003.

LOSS, J. **Iluminação Artificial Residencial: A Percepção do Usuário de Curitiba em Ambientes de Descanso**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Construção Civil) – Programa de Pós Graduação em Engenharia de Construção Civil – Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2013.

MADEIRA, Daniel. **A relação da frequência com o comprimento de onda eletromagnética**. Dan Scientia. Ciências Matemáticas, Físicas e Computacionais. Artigo, 2010. Disponível em: <<http://dan-scientia.blogspot.com/2010/03/relacao-da-frequencia-com-o-comprimento.html>>. Acesso em 16 de junho de 2018.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTELLO, Alexandro; MAZUI, Guilherme. **Em evento da Caixa, Temer afirma que Minha Casa, Minha Vida terá '600 ou 700 mil' novas unidades em 2018**. Caderno Economia. G1. Brasília, DF. Publicado em 01/02/2018. Disponível em: <<https://g1.globo.com/economia/noticia/em-evento-da-caixa-temer-afirma-que-minha-casa-minha-vida-tera-de-600-ou-700-mil-novas-unidades-em-2018.ghtml>>. Acesso em 23 de julho de 2018.

MOISINHO FILHO, E. de F. **Avaliação Pós Ocupação com Ênfase em Conforto Ambiental em Edifício Residencial projetado pelo Arq. Niemeyer: o Caso do edifício Montreal em São Paulo – SP**. In: 7º Seminário Internacional Espaço Sustentável "Inovações em Edifícios e Cidades" do Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. **Anais...** São Paulo, SP: NUTAU/USP, 2008.

MORAES, L.N; PEREIRA F.O.R. **Um método simplificado para avaliação do desempenho dinâmico da iluminação natural**. In: XI Encontro Nacional de Conforto do Ambiente Construído. **Anais...** Búzios, RJ: ENCAC, 2011.

MORAES, L.N; PEREIRA F.O.R. **Desenvolvimento de um método simplificado para avaliação do desempenho dinâmico da luz natural e sua influência sobre a eficiência energética**. In: III Encontro da Associação Nacional de Pesquisa e Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. **Anais...** São Paulo, SP: ENANPARQ, 2014.

MORAIS, M. V.; CARNEIRO, T. M.; BARROS NETO, J. de P. **Projeto de Habitação de Interesse Social: Satisfação do Usuário Final**. In: XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** Maceió, AL: Universidade Federal do Ceará, 2014.

MOREIRA, V. de S.; SILVEIRA, S. de F. R.; REIS, F. N. S. C. **Programa Minha Casa, Minha Vida: a percepção dos beneficiários como instrumento para avaliação**. Revista Políticas Públicas & Cidades, v.2, n.1, p. 74 – 95, Jan./Abr. 2015.

NABIL, A.; MARDALJEVIC, J. **Useful Daylight Illuminances: A Replacement for Daylight Factors**. Energy and Buildings. v.38, n.7. p. 905–913, 2006.

NASCIMENTO, Thássia Catherine Costa. **Avaliação da Nbr 15575 Quanto ao Desempenho Térmico e Luminoso: Estudo de Caso em Maceió-AL**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo – Universidade Federal de Alagoas. Maceió, 2016.

NETO, R. S.; GOMES, L. C.; BOLFE, S. A. **Geografia Urbana: Condomínios de Moradia Popular; O Caso do Residencial Videiras, Santa Maria/RS**. In: XI SEUR e V Colóquio Internacional Sobre Comércio e Consumo Urbano. **Anais...** Pelotas, RS: UFPEL, 2016.

ORNSTEIN, Sheila Walbe; ONO, Rosaria. **Avaliação Pós-Ocupação (APO) do Conforto Ambiental de Escolas: Comparação entre Ferramentas Qualitativas e Quantitativas**. ENCAC / ELACAC – Maceió, AL, 2005.

OSRAM. **Manual Luminotécnico Prático**. Disponível em:

<[http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Disciplinas/IEI/Luminot%C3%A9cnica/Manual%20de%20Luminot%C3%A9cnica%20osram/3.42__Manual_Luminotecnico_Pratico_OSRAM_\(2000\).pdf](http://joinville.ifsc.edu.br/~luis.nodari/Disciplinas/IEI/Luminot%C3%A9cnica/Manual%20de%20Luminot%C3%A9cnica%20osram/3.42__Manual_Luminotecnico_Pratico_OSRAM_(2000).pdf)> Acesso em 24 de julho de 2018.

PEREIRA, Fernando O. R.; SOUZA, Marcos Barros de. **Iluminação**. Apostila da Disciplina de Conforto Ambiental. Curso de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Curso de Pós-Graduação em Construção Civil. CTC. UFSC. Florianópolis/SC, Brasil, 2000.

PERUZZO, M. R. **Avaliação Pós-Ocupacional em Habitação de Interesse Social: Comportamento da Satisfação do Usuário Após Médio Período de Permanência**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2008.

PINTO, J. M. M. **Avaliação da Eficiência Energética nos Sistemas de Iluminação do Tribunal de Contas do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2014.

POLI, C. M. B.; ZORZI, L. de M. de. **Desempenho Lumínico Segundo NBR 15575-1:2008, NBR 15575-1:2013, Danish Building Regulations 2010 e European Standard prEN 1525**. Diálogos & Saberes. v. 10. n. 1. p. 95-113. Mandaguari: FAFIMAN – Fundação Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Mandaguari, 2014.

PORTAL AECWEB. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/brises-controlam-incidencia-de-luz-e-garantem-conforto-termico-a-edificacao_9317_0_1>. Acesso em 23 de julho de 2018.

PORTAL APOLUX. **Módulo Foton: Simulação Dinâmica**. Disponível em: <[file:///C:/Program%20Files%20\(x86\)/APOLUX/help/Foton_Help/tutorial/tutorial_index.htm](file:///C:/Program%20Files%20(x86)/APOLUX/help/Foton_Help/tutorial/tutorial_index.htm)>. Acesso em 23 de julho de 2018.

PORTAL CRISTALYTOLDO. Disponível em: <<http://www.cristalytoldo.es/producto/toldos/punto-recto-tension>>. Acesso em 23 de julho de 2018.

PORTAL LabEEE. **Etiquetagem**. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Projetos. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br/projetos/etiquetagem>>. Acesso em 24 de julho de 2018.

PORTAL MINITAB. **Tabela de Coeficientes Codificados para Análise de Variabilidade**. Disponível em: <<https://support.minitab.com/pt-br/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/doe/how-to/factorial/analyze-variability/interpret-the-results/all-statistics-and-graphs/coded-coefficients-table/#coef>>. Acesso em 24 de julho de 2018.

REA, Louis M.; PARKER, Richard A. **Metodologia de pesquisa: do planejamento à execução**. 1. ed. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, 2002.

REINHART, C.; MARDALJEVIC, J.; ROGERS, Z. **Dynamic Daylight Performance Metrics for Sustainable Building Design**. LEUKOS – Journal of Illuminating Engineering Society of North America., p. 1-20, 2006.

RHEINGANTZ, P. A.; AZEVEDO, G. A.; BRASILEIRO, A.; ALCÂNTARA, A.; QUEIROZ, M. **Observando a Qualidade do Lugar Procedimentos para a Avaliação Pós-Ocupação**. Rio de Janeiro: PROARQ/FAU-UFRJ, 2009. Disponível em: <http://www.fau.ufrj.br/prolugar/arq_pdf/livros/obs_a_qua_lugar.pdf>. Acesso em 28 de setembro de 2015.

ROMERO, M. A; ORNSTEIN, S. **Avaliação Pós-Ocupação: Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social**. Coleção Habitare. Porto Alegre: ANTAC, 2003.

SANTA MARIA. Lei Complementar N° 070, de 04 de novembro de 2009. **Código de Obras e Edificações do Município de Santa Maria**. Santa Maria, RS, 2009a.

_____. Lei Complementar N° 072, de 04 de novembro de 2009. **Lei de Uso do Solo do Município de Santa Maria**. Santa Maria, RS, 2009b.

_____. Lei N° 5378, de 16 de novembro de 2010. **Fixa Diretrizes para a Política Habitacional do Município e dá outras Providências**. Santa Maria, RS, 2010.

SECRETARIA DE MUNICÍPIO DE HABITAÇÃO E REGULARIZAÇÃO FUNDIÁRIA – SMH. Disponível em: <<http://www.santamaria.rs.gov.br/habitacao/>>. Acesso em 28 de setembro de 2016.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de; KREMER, Adriano; MACÊDO, Catharina C. de; CLARO, Anderson. **Simulação de iluminação natural utilizando o Lightscape**: uma análise do desempenho frente a diferentes características de superfícies. In: VI Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído. **Anais...** São Pedro, SP: ENCAC, 2001.

SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. **Luz natural no projeto arquitetônico - Uma fonte sustentável para a iluminação**. 31ª ed. Revista Lume Arquitetura. São Paulo: De Maio Comunicação e Editora, 2008.

TAVARES, S. G. **Simulação Computacional para Projeto de Iluminação em Arquitetura**. Dissertação (Mestrado em Arquitetura) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2007.
TREGENZA, P.R.; WATERS, I. **Daylight coefficients**. Lighting Research and Technology. June, 1983.

TREGENZA, P.; LOE, D. 2ª ed. **The Design of Lighting**. 2nd Edition. Editor: Routledge, 2013.

VARGAS, Cláudia Rioja de Aragão. **Os impactos da iluminação**: visão, cognição e comportamento. Caderno de Iluminação, p. 88-91. UNICAMP, 2009. Disponível em: <http://www.iar.unicamp.br/lab/luz/ld/Arquitetural/artigos/o_impacto_da_iluminacao_no_comportamento_humano.pdf>. Acesso em 23 de julho de 2018.

VAZ, Gabrielle. **Mais da metade das unidades das faixas 2 e 3 do MCMV tem falhas de construção, diz CGU**. Portal PINIweb. Construção Mercado. De 18 de Agosto de 2017. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/construcao/mais-da-metade-das-unidades-das-faixas-2-e-3-382608-1.aspx>>. Acesso em 23 de julho de 2018.

VIANNA, N. S.; ROMERO, M. de A. **Procedimentos Metodológicos para Avaliação Pós-Ocupação em Conjuntos Habitacionais de Baixa Renda com Ênfase no Conforto Ambiental**. Revista Ambiente Construído, Porto Alegre, v.2, n.3, p. 71-84, jul./set. 2002.

VILLA, S. B; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade Ambiental na Habitação**: avaliação pós-ocupação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. de C. P., GARCIA, L. C. **Avaliação Pós-Ocupação no Programa Minha Casa Minha Vida - Uma Experiência Metodológica**. 1ª edição. Uberlândia: UFU/PROEX, 2015.

VILLA, S. B.; SARAMAGO, R. de C. P., GARCIA, L. C. **Desenvolvimento de Metodologia de Avaliação Pós-Ocupação do Programa Minha Casa Minha Vida**: Aspectos Funcionais, Comportamentais e Ambientais. Texto para discussão / Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Brasília: IPEA, 2016.

APÊNDICE A – AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

AUTORIZAÇÃO INSTITUCIONAL

Eu, _____, abaixo assinado, síndico responsável pelo Conjunto Residencial Videiras, autorizo a realização do estudo “Avaliação da Iluminação Natural de Habitação Multifamiliar de Interesse Social: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS”, a ser conduzido pelas pesquisadoras Giane de Campos Grigoletti e Liliana Martins Techio.

Fui informado, pelo responsável do estudo, sobre as características e objetivos da pesquisa, bem como das atividades que serão realizadas na instituição a qual represento.

Esta instituição está ciente de suas responsabilidades como instituição co-participante do presente projeto de pesquisa e de seu compromisso no resguardo da segurança e bem-estar dos sujeitos de pesquisa nela recrutados, dispondo de infraestrutura necessária para a garantia de tal segurança e bem-estar.

Santa Maria, 05 de maio de 2017.

Assinatura e carimbo do responsável institucional

APÊNDICE B – TERMO DE CONFIDENCIALIDADE**TERMO DE CONFIDENCIALIDADE**

Título do projeto: Avaliação da Iluminação Natural de Habitação Multifamiliar de Interesse Social: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS

Pesquisador responsável: Giane de Campos Grigoletti

Mestranda: Liliana Martins Techio

Instituição: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)

Telefone para contato: (55) 98412-1478 / 99686-8576

Local da coleta de dados: Conjunto Residencial Videiras, na Rua Venâncio Aires, 1660, Bairro Passo da Areia, Santa Maria, RS.

Os responsáveis pelo presente projeto se comprometem a preservar a confidencialidade dos dados dos participantes envolvidos no trabalho, que serão coletados por meio de entrevistas estruturadas, aplicadas entre os moradores do Conjunto Residencial Videiras, em suas Unidades Habitacionais, no período de julho de 2017 a agosto de 2017.

Informam, ainda, que estas informações serão utilizadas, única e exclusivamente, no decorrer da execução do presente projeto e que as mesmas somente serão divulgadas de forma anônima, bem como serão mantidas no seguinte local: UFSM, Avenida Roraima, 1000, prédio 30, sala 204, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, 97105-900 – Bairro Camobi, Santa Maria – RS, por um período de cinco anos, sob a responsabilidade da prof.^a Giane de Campos Grigoletti. Após este período, os dados serão destruídos.

Este projeto de pesquisa foi revisado e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da UFSM em/...../....., com o número de registro Caae

Santa Maria,.....dede 2017.

.....
Assinatura do pesquisador responsável

Giane de Campos Grigoletti

APÊNDICE C – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do estudo: Avaliação da Iluminação Natural de Habitação Multifamiliar de Interesse Social: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS

Pesquisador responsável: Giane de Campos Grigoletti

Mestranda: Liliana Martins Techio

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM) / Departamento de Arquitetura e Urbanismo

Telefone e endereço: (55) 98412-1478. UFSM, Avenida Roraima, 1000, prédio 30, sala 204, 97105-900 – Camobi, Santa Maria – RS.

Local da coleta de dados: R. Venâncio Aires 1660, Passo da Areia, Santa Maria, RS.

Eu, Giane de Campos Grigoletti, responsável pela pesquisa “Avaliação da Iluminação Natural de Habitação Multifamiliar de Interesse Social: Conjunto Residencial Videiras, Santa Maria, RS”, juntamente com a mestranda Liliana Martins Techio, participante desta pesquisa, o convidamos a participar como voluntário deste estudo.

Esta pesquisa pretende avaliar a iluminação natural das unidades habitacionais do Residencial Videiras, a fim de propor melhorias para o empreendimento e para o processo de projeto de habitações de interesse social. Acreditamos que ela seja importante porque a iluminação natural é um recurso abundantemente disponível, que pode ser utilizado para a melhoria da qualidade das edificações, e possui um importante papel diário, influenciando, até mesmo, na saúde do ser humano. Além disso, o estudo permitirá delinear novas diretrizes para a melhoria de futuros empreendimentos semelhantes, alertando projetistas em geral sobre decisões que podem influenciar no conforto e na redução do consumo de energia para a população de baixa renda. Para a sua realização, serão adotados: levantamento bibliográfico acerca do tema; levantamento fotográfico e contato com pessoas-chave do Residencial Videiras; levantamento arquitetônico; determinação da amostra; questionário pré-teste; aplicação de questionários para descobrir o nível de satisfação dos moradores; levantamento de características técnicas; simulação computacional para verificar as condições de luz natural dos apartamentos; análise dos dados obtidos e verificação do atendimento às normas vigentes; proposição de melhorias para o empreendimento e de novas diretrizes de projeto.

Sua participação será como colaborador voluntário, e a aplicação dos questionários será em sua unidade habitacional. É possível que aconteçam os seguintes desconfortos ou riscos: cansaço, estresse e constrangimento. Para evitar a ocorrência desse tipo de

Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM: Av. Roraima, 1000 - 97105-900 - Santa Maria - RS -
2º andar do prédio da Reitoria. Telefone: (55) 3220-9362 - E-mail: cep.ufsm@gmail.com.

incômodo, fica garantida a possibilidade de suspender a aplicação dos questionários, de não aceitar participar ou de retirar sua permissão a qualquer momento, sem nenhum tipo de prejuízo pela sua decisão. Os benefícios esperados com o estudo são melhorias para o Residencial Videiras, e conseqüentemente para seus moradores, bem como para futuros empreendimentos semelhantes.

Durante todo o período da pesquisa você terá a possibilidade de tirar qualquer dúvida ou pedir qualquer outro esclarecimento. Para isso, entre em contato com algum dos pesquisadores ou com o Comitê de Ética em Pesquisa. As informações desta pesquisa serão confidenciais e poderão ser divulgadas, apenas, em eventos ou publicações, sem a identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre sua participação. Os questionários serão transcritos e todas as informações coletadas serão mantidas em arquivo físico e digital, sob guarda do pesquisador responsável, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Os gastos necessários para a sua participação na pesquisa serão assumidos pelos pesquisadores. Fica, também, garantida indenização em caso de danos comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa.

Autorização

Eu, _____ após a leitura ou a escuta da leitura deste documento e ter tido a oportunidade de conversar com o pesquisador responsável, para esclarecer todas as minhas dúvidas, estou suficientemente informado, ficando claro que minha participação é voluntária e que posso retirar este consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou perda de qualquer benefício. Estou ciente também dos objetivos da pesquisa, dos procedimentos aos quais serei submetido, dos possíveis danos ou riscos deles provenientes e da garantia de confidencialidade. Diante do exposto e de espontânea vontade, expresso minha concordância em participar deste estudo e assino este termo em duas vias, uma das quais foi-me entregue.

Assinatura do voluntário

Assinatura do responsável pela obtenção do TCLE

Santa Maria / RS

Comitê de Ética em Pesquisa da UFSM: Av. Roraima, 1000 - 97105-900 - Santa Maria - RS -
2º andar do prédio da Reitoria. Telefone: (55) 3220-9362 - E-mail: cep.ufsm@gmail.com.

APÊNDICE E – FICHA DE LEVANTAMENTO



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL



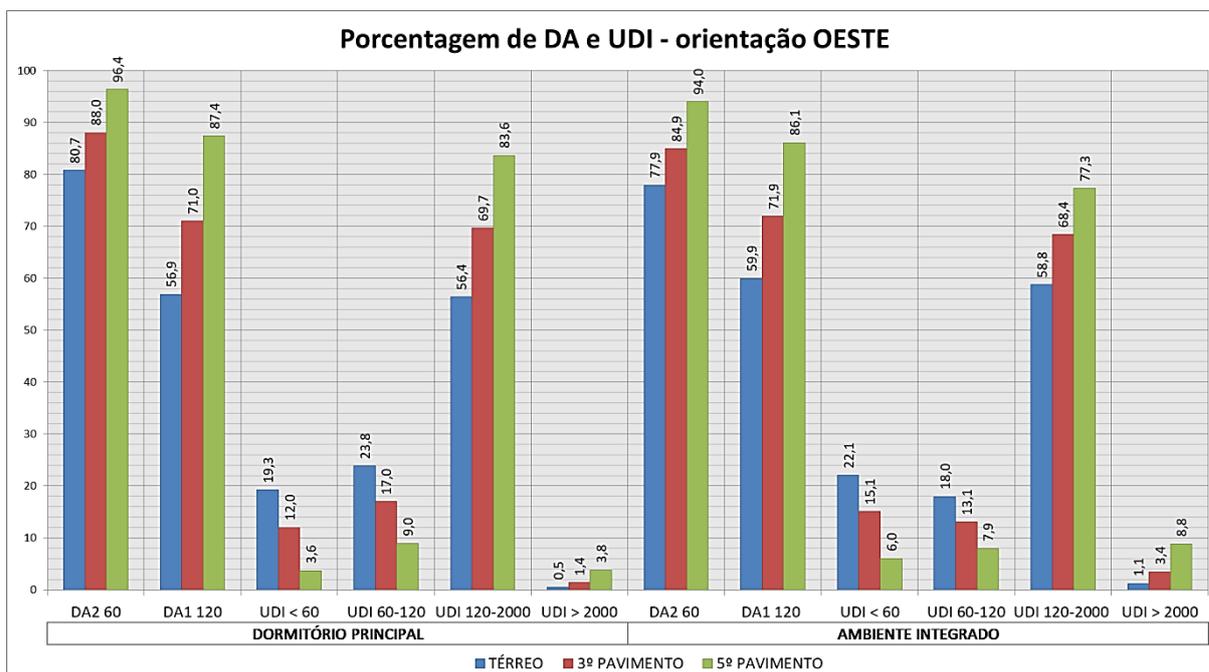
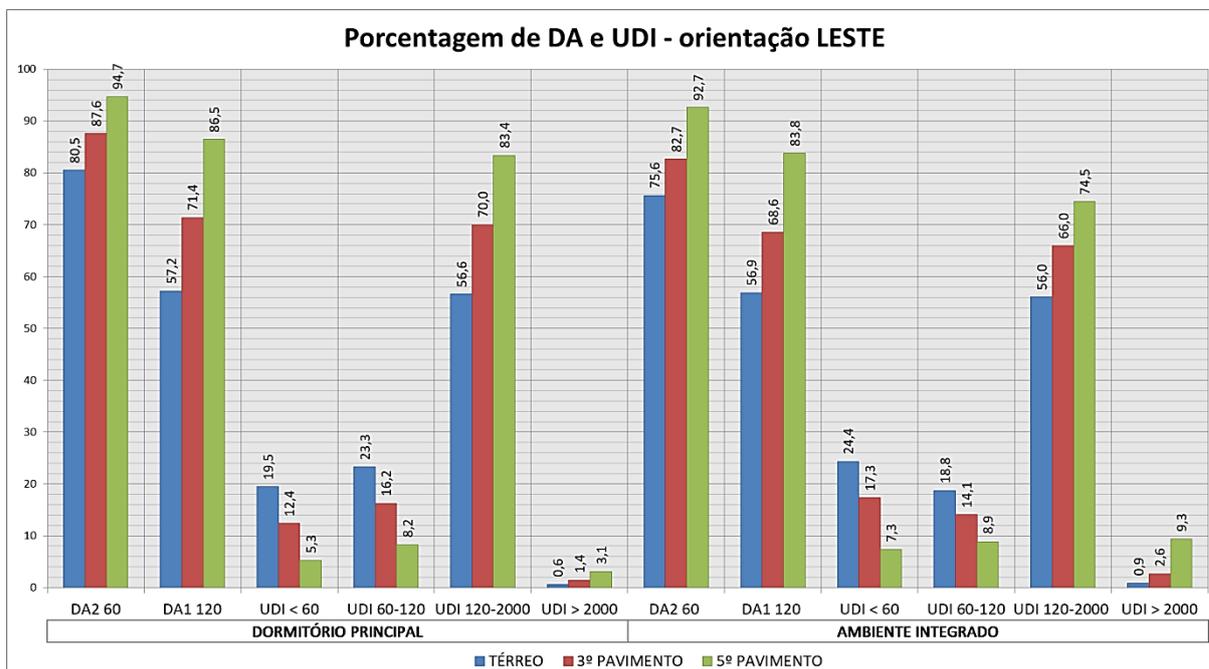
FICHA PARA LEVANTAMENTO DE INFORMAÇÕES:

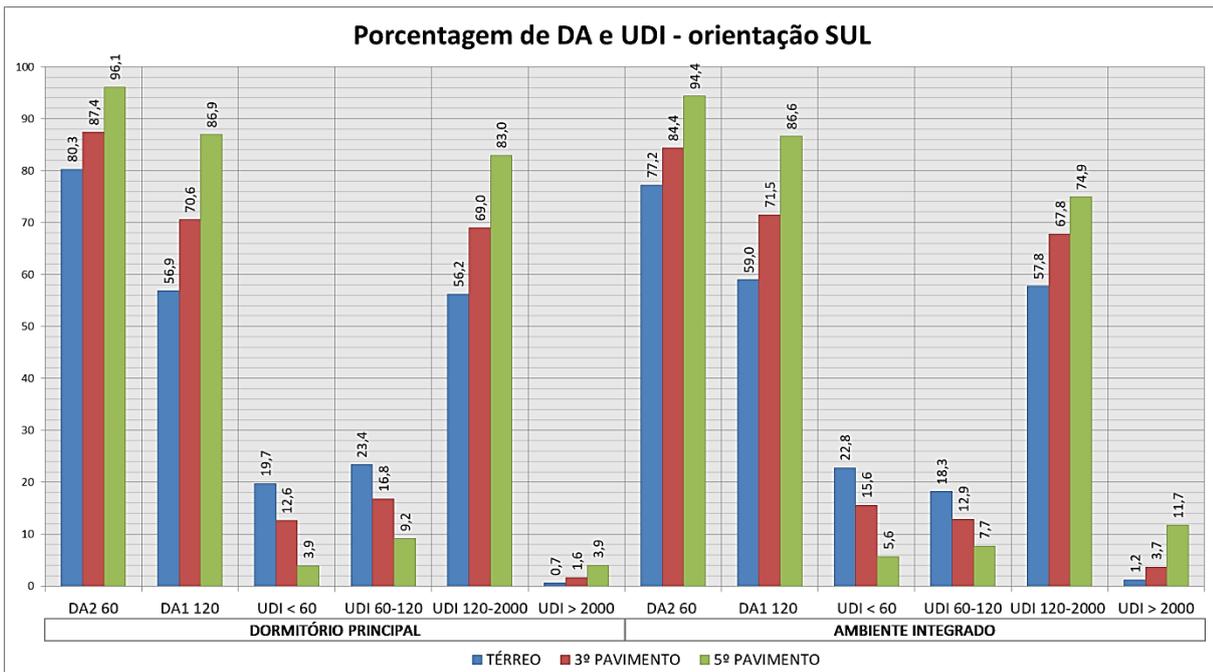
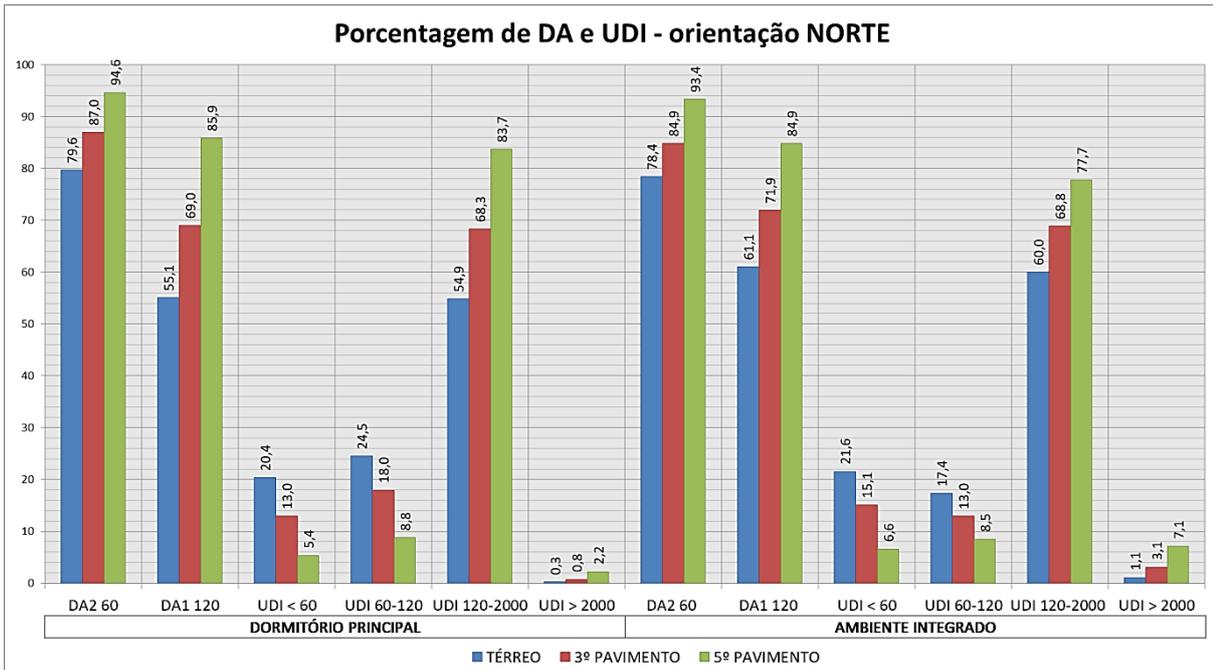
Data: / /2017		Horário: hs min		Tipo de céu:	
Bloco:			Apartamento:		
Andar:			Orientação Solar: ()N ()S ()L ()O		

1. A luz artificial durante a vistoria estava: (L) Ligada (D) Desligada			
Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório	
2. As persianas se encontravam: (F) Fechadas (A) Abertas			
Sala	Dormitório		
3. Incidência de radiação solar direta? (S) Sim (N) Não			
Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório	
4. Verificado sombreamento? (S) Sim (N) Não			
Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório	
5. Cor:	1. Claro	2. Tom médio	3. Escuro
	Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório
Paredes			
Teto			
Piso			
6. Tipo de acabamento:			
	Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório
Paredes			
Teto			
Piso			
7. Móveis:	1. Claros	2. Tom médio	3. Escuros
Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório	
8. Tipo de vidro das janelas:			
() Liso e Transparente () Laminado () Jateado () Colorido () Outro:			
9. Quais são os móveis que ficam próximos às janelas?			
Sala	Cozinha/Lavanderia	Dormitório	
10. Demais observações relevantes:			

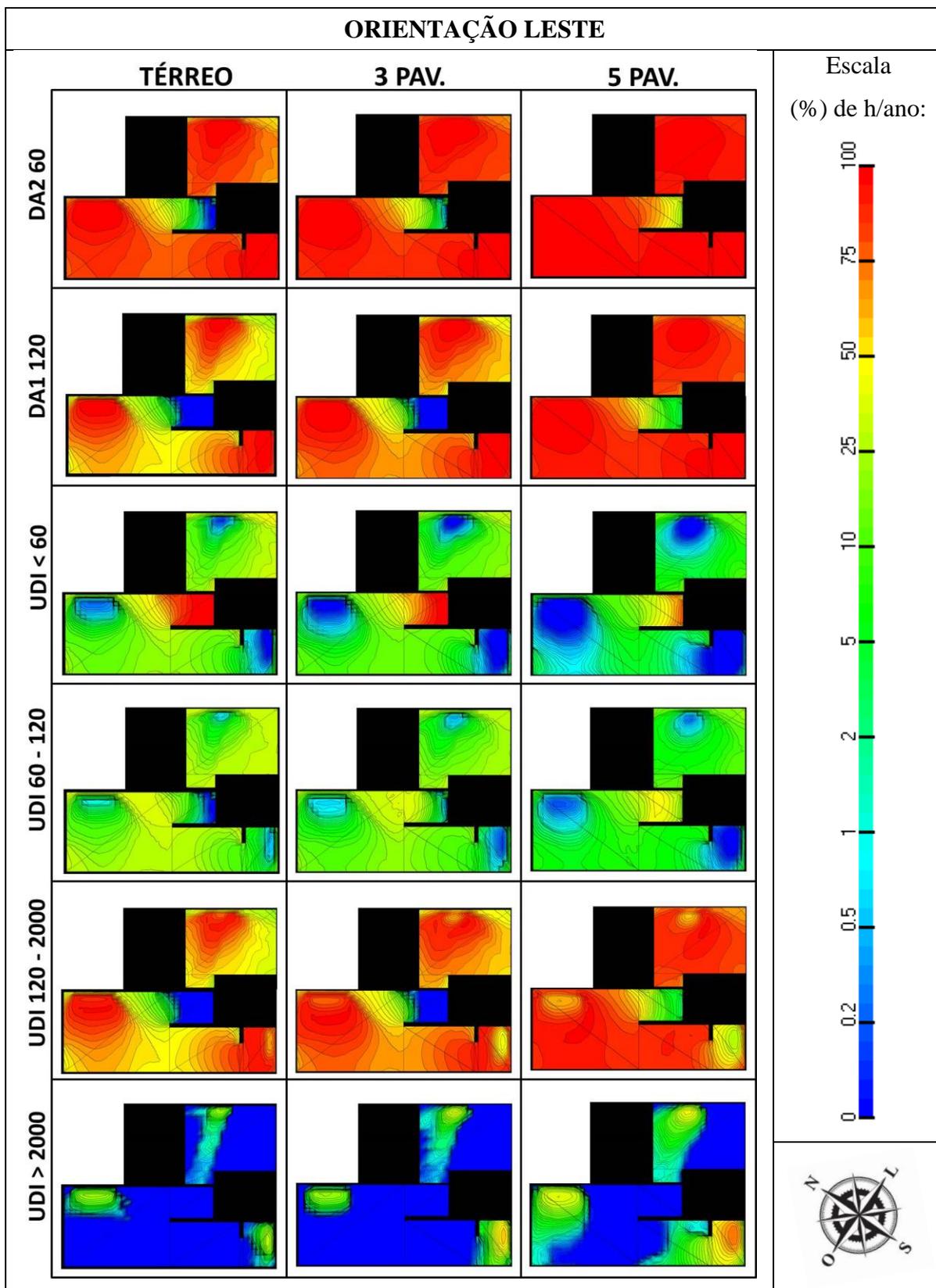
AVALIAÇÃO DA ILUMINAÇÃO NATURAL DE HABITAÇÃO MULTIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL:
CONJUNTO RESIDENCIAL VIDEIRAS, SANTA MARIA, RS.

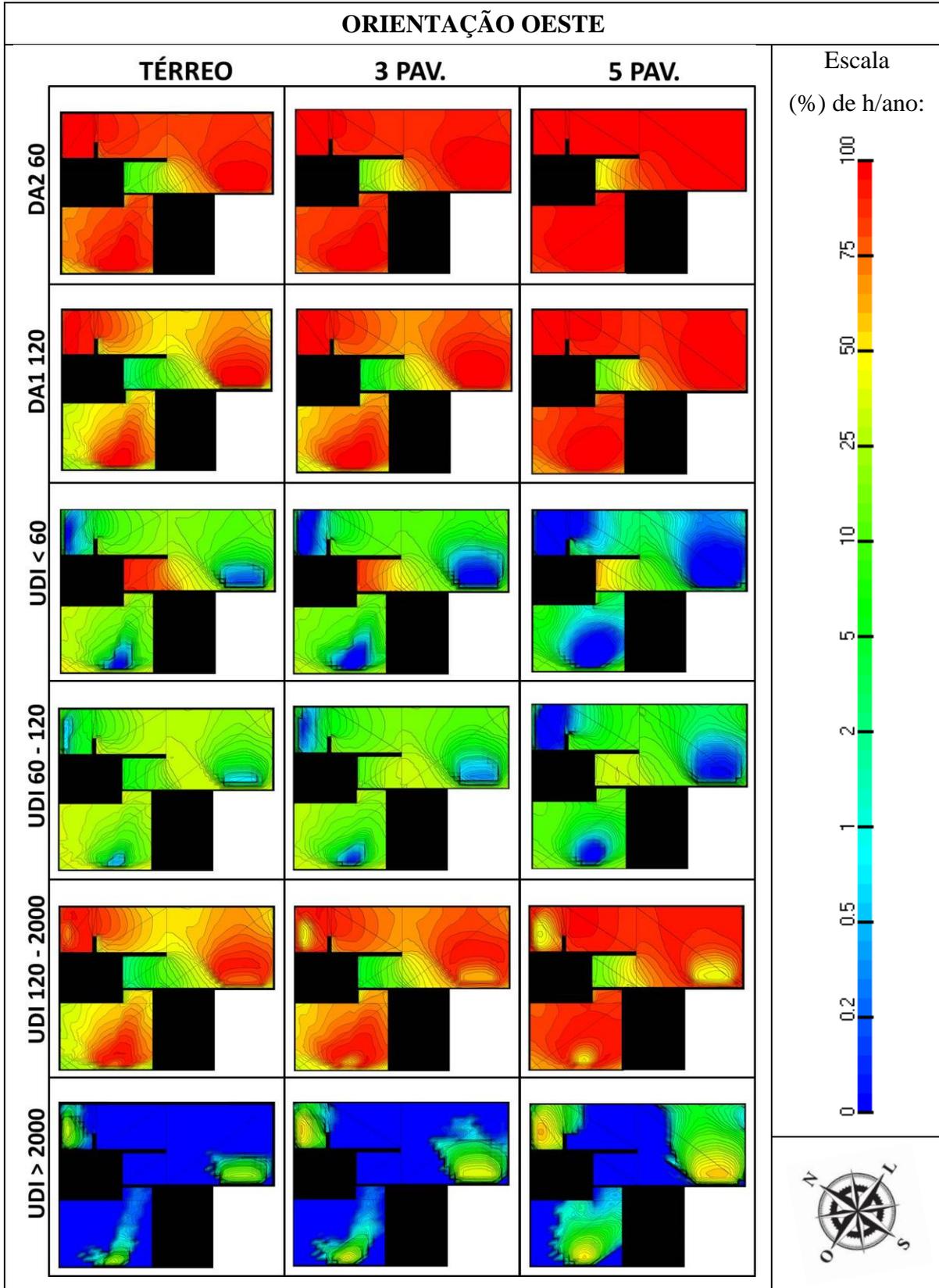
APÊNDICE F – GRÁFICOS COM PORCENTAGENS DE DA E UDI

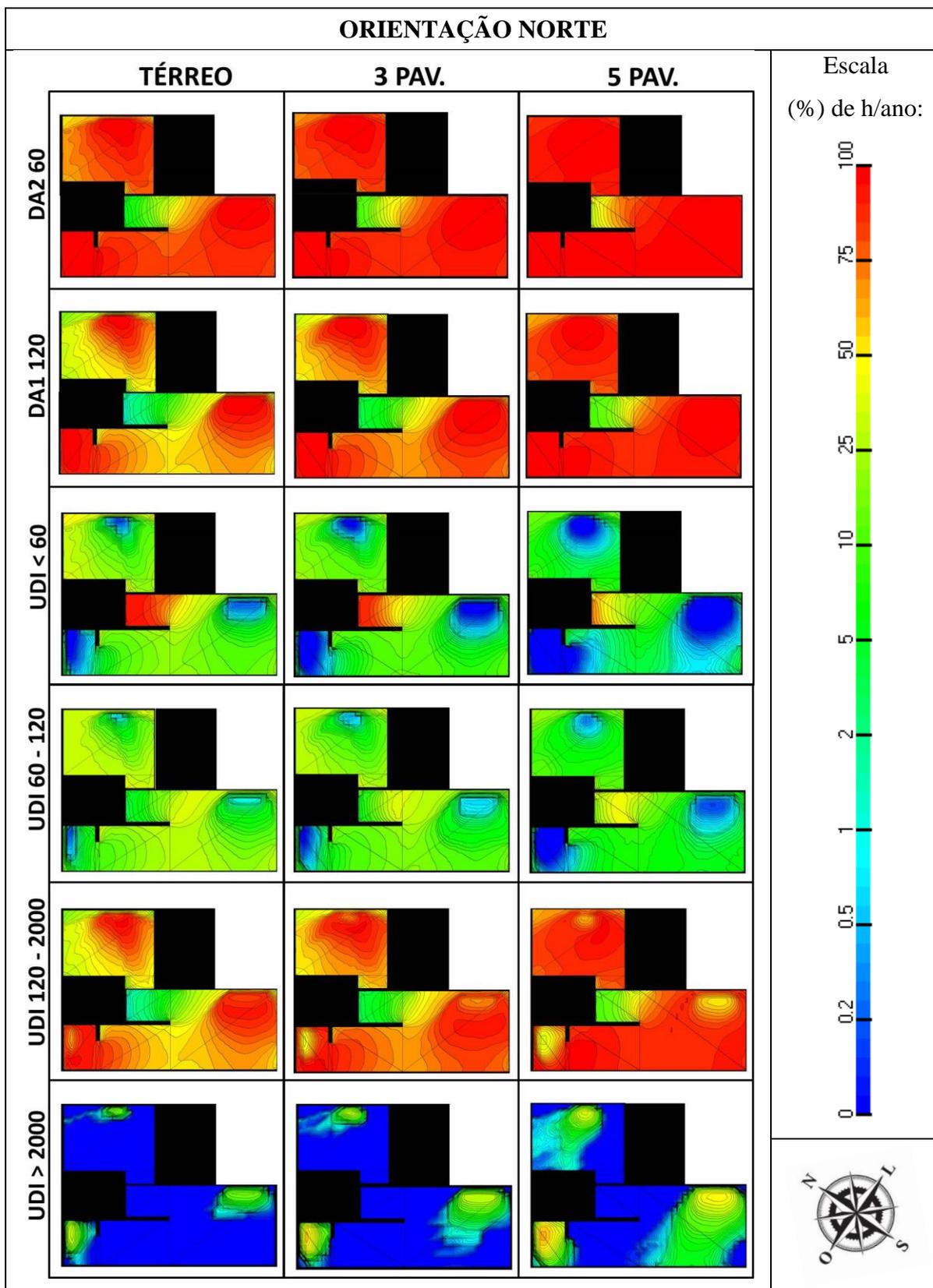


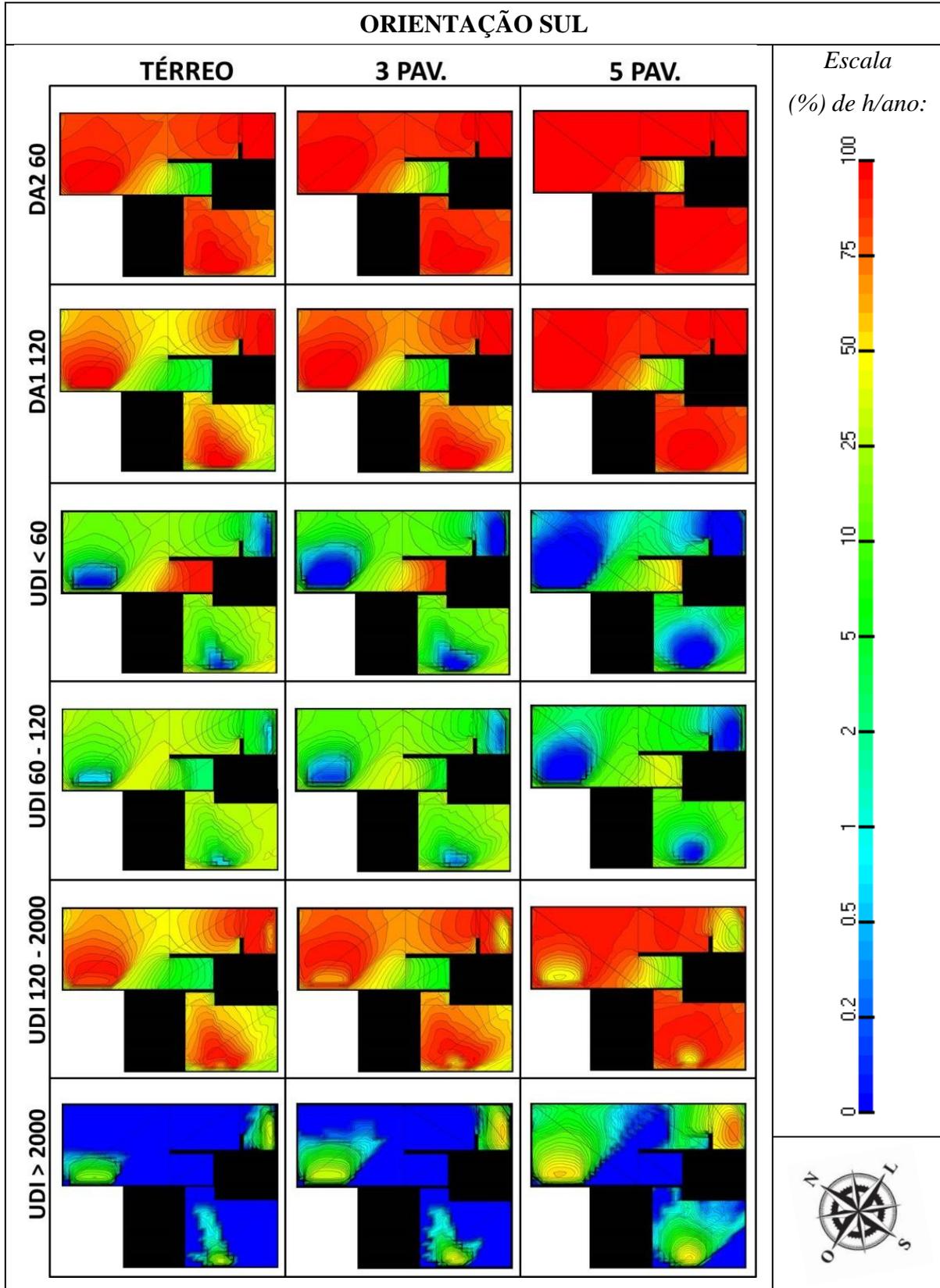


APÊNDICE G – PLANTAS COM PORCENTAGENS DE DA E UDI

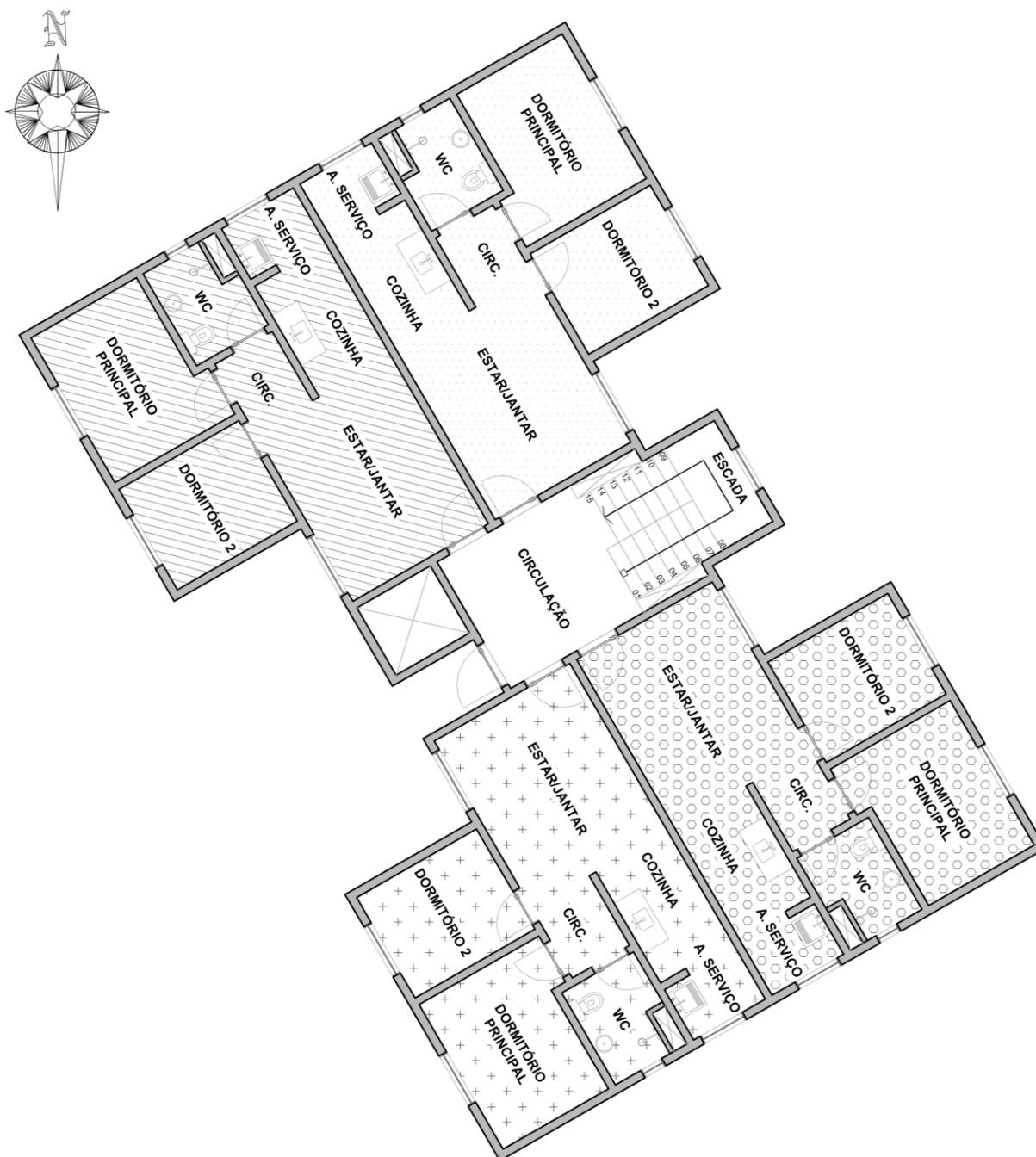








APÊNDICE H – ORIENTAÇÃO SOLAR DAS UH



LEGENDA:



UH - NORTE



UH - LESTE



UH - SUL



UH - OESTE