



PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO LUMÍNICO PARA
ILUMINAÇÃO NATURAL, DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR, A PARTIR DE
ENSAIOS DE CAMPO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ESTUDO DE CASO**

FIORI MARQUES DA SILVA CABRAL

Recife

2020



PRÓ-REITORIA DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

**ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO LUMÍNICO PARA
ILUMINAÇÃO NATURAL, DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR, A PARTIR DE
ENSAIOS DE CAMPO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ESTUDO DE CASO**

Trabalho apresentado à Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP como parte dos requisitos para obtenção do grau de mestre em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Angelo Just da Costa e Silva

Recife

2020

C117a Cabral, Fiori Marques da Silva
Análise das técnicas de avaliação de desempenho
lumínico para iluminação natural, de um edifício multifamiliar,
a partir de ensaios de campo e simulação computacional : estudo
de caso / Fiori Marques da Silva Cabral , 2020.
132 f. : il.

Orientador: Ângelo Just da Costa e Silva
Dissertação (Mestrado) - Universidade Católica de Pernambuco.
Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil. Mestrado em
Engenharia Civil, 2020.

1. Edifícios de apartamentos. 2. Iluminação. Título.

CDU 728.2

Luciana Vidal - CRB 4/1338

FIORI MARQUES DA SILVA CABRAL

ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO LUMÍNICO PARA
ILUMINAÇÃO NATURAL, DE UM EDIFÍCIO MULTIFAMILIAR, A PARTIR DE
ENSAIOS DE CAMPO E SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL – ESTUDO DE CASO.

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco, como parte dos requisitos necessários para obtenção do Título de Mestre em Engenharia Civil, na área de Concentração em Tecnologia das Construções.

Aprovado por:

Prof. Dr. Ângelo Just da Costa e Silva
(UNICAP – Orientador)

Prof^a Dr^a. Eliana Cristina Barreto Monteiro
(UNICAP – Avaliadora Interna)

Prof^a Dr^a Lívia Melo de Lima
(IFPE - Avaliadora Externa)

Data: 26/03/2020

Recife

2020

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais por todo apoio, incentivo e suporte necessários ao andamento e à conclusão desta etapa.

Aos meus filhos pela imensa maturidade e compreensão das ausências e pela colaboração concedida.

Ao professor orientador Angelo Just, pela confiança, orientação e direcionamento. Todos os passos direcionados a mim e a este trabalho foram elementos fundamentais para perseverança e êxito na conclusão deste processo. Mminha eterna gratidão.

A todos os professores da UNICAP pelos conhecimentos tão valiosos proporcionados durante o curso.

Aos alunos da graduação que auxiliaram em várias tarefas inerentes ao processo e fundamentais para elaboração deste estudo.

Aos amigos que sempre incentivaram de alguma forma, perto ou longe, ensinado ou torcendo, principalmente aos que participaram de forma direta com colaborações fundamentais para a evolução deste processo.

A todos os pesquisadores que puderam contribuir com a ciência.

A todos meus sinceros agradecimentos!

RESUMO

Com a vida moderna e as múltiplas tarefas desempenhadas pelo ser humano, é fundamental que ele tenha no seu lar um ambiente que proporcione prazer e conforto. Neste sentido, chega à construção civil o conceito de desempenho que trata de viabilizar ao usuário uma habitação com segurança, habitabilidade e durabilidade, que culminou com a Norma de Desempenho NBR 15575 (2013). Nela estão descritos requisitos e critérios mínimos para obtenção de conforto habitacional em construções residenciais. Porém, devido a sua recente implantação, alguns ajustes nos procedimentos de medição se fazem necessários. Dentre os requisitos, o desempenho lumínico tem apresentado uma preocupação crescente junto a construtores e usuários na busca por soluções de projetos que proporcionem conforto e economia, com o menor uso possível de mecanismos artificiais de iluminação dos ambientes da edificação. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar fatores de influência no tocante ao desempenho lumínico para iluminação natural, através de estudo de caso em edifício multifamiliar, utilizando os dois métodos propostos pela norma: ensaio *in loco* e simulação computacional, ambos em diferentes condições (dias, horários etc.) de forma que contribua para o aprimoramento das técnicas de execução dos ensaios adotados. Os resultados apresentaram, no ensaio *in loco*, diferentes fatores de influência nos valores obtidos, especialmente relacionados com os procedimentos de coleta, que indicam a necessidade de discussões para redução da variação nos dados encontrados utilizando a atual proposição normativa. Por outro lado, encontrou-se coerência nos resultados entre a simulação computacional e o ensaio *in loco*, permitindo maior segurança no uso do software para a determinação de critérios de iluminância das edificações.

Palavras chave: Desempenho. Norma de Desempenho. Desempenho Lumínico. Iluminação natural.

ABSTRACT

With modern life and the multiple tasks performed by the human being, it is essential for him to have, at his home, an environment that provides pleasure and comfort. In this sense comes to the construction the concept of “performance” that is about providing the user a home with security, habitability and durability that culminated with the “Performance Standard NBR 15575 (2013)”. The standard describes requirements and minimum criteria for obtaining house comfort in residential buildings. However, due to its recent implementation a few adjustments, in the measurement procedures are necessary. Among the requirements, the lighting performance has presented a growing concern among builders and users in the search for solutions of projects that provide comfort and economy using the least amount of artificial lighting mechanisms in the building environment. The objective of this project is to evaluate factors of influence in lighting performance for natural lighting, through a case study in multifamily building, using the two methods proposed by the standard: an *in loco* test and a computational simulation, both in different conditions (days, times , etc.) in a way that contributes to the improvement of the execution techniques of the tests adopted. The results present , in the *in loco* test, different influence factors in the obtained values, especially related to the collecting procedures that indicate the need for discussion to reduce the variation in the data found using the current normative proposition. On the other hand, results were found to be consistent between the computational simulation and the *in loco* test, allowing better security in the use of the software to determine the lightning criteria in the buildings.

Key words: Performance. Performance Standard. Light Performance. Natural lighting.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Importância e justificativa do tema	3
1.2	Objetivos	4
1.2.1	Objetivo geral	4
1.2.2	Objetivos específicos	4
1.3	Escopo do trabalho	5
1.4	Metodologia e limitações do estudo	6
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	8
2.1	Iluminação natural e sua importância na concepção dos projetos	8
2.2	Desempenho – conceitos, normalização	13
2.2.1	Conceito	13
2.2.2	Uso do Desempenho nas diversas áreas	14
2.3	Norma de Desempenho – NBR 15575	17
2.4	Desempenho Lumínico – conceitos e métodos de avaliação	22
2.4.1	Ensaio <i>in loco</i>	25
2.4.2	Simulação computacional	29
3	METODOLOGIA DA PESQUISA	34
3.1	Variáveis de estudo	35
3.1.1	Horário de realização do ensaio <i>in loco</i>	35
3.1.2	Posição da unidade habitacional	35
3.1.3	Revestimento	35
3.2	Descrição do empreendimento	36
3.3	Análises realizadas	40
3.3.1	Ensaio <i>in loco</i>	40
3.3.2	Simulação Computacional	47
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	50
4.1	Apresentação geral dos resultados	50
4.2	Medição <i>in loco</i>	51
4.2.1	Influência do Horário de Coleta.	51
4.2.2	Influência da posição do cômodo (nascente x poente)	59
4.2.3	Influência do acabamento na medição realizada <i>in loco</i> .	63
4.2.4	Variação ao longo dos dias	65

4.2.5	Análise Normativa	69
4.3	Simulação Computacional	72
4.3.1	Influência do Horário	73
4.3.2	Influência da posição do cômodo (nascente x poente)	77
4.3.3	Influência do acabamento	81
4.3.4	Variação ao longo dos dias	83
4.3.5	Análise Normativa	86
4.4	Análise comparativa (<i>in loco</i> x simulação computacional)	91
4.4.1	Fatores de influência estudados	92
4.4.2	Crítérios normativos	93
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	95
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Tripé do conforto visual	10
Figura 2 - Efeito com iluminação natural - Capela das Capuchinas, México	12
Figura 3 - Vitrais da Catedral de Brasília	12
Figura 4 - Linha do Tempo da Norma de Desempenho	18
Figura 5 – Estrutura da Norma	20
Figura 6– Matriz da Norma	22
Figura 7 – Sugestão de altura de janelas	28
Figura 8 – Edifício Residencial Avaliado	36
Figura 9 – Planta de situação	37
Figura 10 - Planta Baixa – Pavimento Tipo	38
Figura 11 - Planta Decorada da Unidade de Terminação 02	39
Figura 12 – Centros geométricos dos cômodos medidos	40
Figura 13 - Posição do centro geométrico materializado no chão com fita adesiva .	41
Figura 14 – Luxímetro Digital	42
Figura 15 - Calibração do Luxímetro	43
Figura 16 - Sequencia de posições do leitor do luxímetro	44
Figura 17 – Suporte para Luxímetro	45
Figura 18 – Apartamento 102 – Cozinha	46
Figura 19 – Apartamento 101 – Cozinha	46
Figura 20– Condições de tempo em alguns dias do ensaio	47
Figura 21 - Empreendimento em 3D – torres A e B	49
Figura 22– Primeiro pavimento tipo após simulação	49
Figura 23 - Variação do FLD ao longo do dia 22/05/2018	52
Figura 24 - Variação média dos horários ao longo do dia	53
Figura 25 - Variação do FLD o ao longo do dia 22/05/2018	54
Figura 26 - Variação do FLD o ao longo do dia 23/05/2018	55
Figura 27 - Variação do FLD o ao longo do dia 24/05/2018	55
Figura 28 - Variação do FLD o ao longo do dia 25/05/2018	56
Figura 29 - Comparativo entre os dias com maior variação da média do FLD	59
Figura 30 - Apt 101 - Média das iluminâncias para todos os dias	60
Figura 31 - Apt 201 Média das iluminâncias para todos os dias	60
Figura 32 - Apt 102 Média das iluminâncias para todos os dias	61
Figura 33 - Apt 201 Média das iluminâncias para todos os dias	61
Figura 34 - Análise acabamento 102 X 202	65
Figura 35 - Análise ao longo dos dias – Apt 101	66

Figura 36 - Análise ao longo dos dias – Apt 102.....	67
Figura 37 - Análise ao longo dos dias – Apt 201.....	67
Figura 38 - Análise ao longo dos dias – Apt 202.....	68
Figura 39 - Variação em lux o ao longo do dia 22/05/2018.....	74
Figura 40 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 101.....	75
Figura 41 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 102.....	76
Figura 42 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 201.....	76
Figura 43 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 202.....	77
Figura 44 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - Apt 101.....	78
Figura 45 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - APT 102.....	78
Figura 46 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - APT 201.....	79
Figura 47 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - APT 202.....	79
Figura 48 – Análise do acabamento 102 X 202.....	82
Figura 49 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 101.....	83
Figura 50 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 102.....	84
Figura 51 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 201.....	84
Figura 52 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 202.....	85
Figura 53 - Escala de cores em lux.....	86
Figura 54 - Mapa de cores - simulação dos apt 101 e 102 – 23 de abril – 9 h e 30 min.....	86
Figura 55 - Mapa de cores - simulação dos apt 101 e 102 – 23 de outubro – 15 h e 30 min.....	87
Figura 56 - Mapa de cores - simulação dos apt 201 e 202 – 23 de abril – 9 h e 30 min.....	87
Figura 57 - Mapa de cores - simulação dos apt 201 e 202 – 23 de abril – 15h e 30 min.....	88
Figura 58 - Simulação x Ensaio – apt 101 - manhã.....	91
Figura 59 - Simulação x Ensaio – apt 101 - tarde.....	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Fator de luz diurna para os diferentes ambientes da habitação	26
Tabela 2 - Níveis de iluminação natural	32
Tabela 3 - Condições das unidades habitacionais	50
Tabela 4 - Condições Climáticas – ensaio in loco	51
Tabela 5 - Horário de menor dispersão FLD ao longo do dia	57
Tabela 6 - Tabela Resumo – media FLD e diferença percentual ao longo do dia.....	58
Tabela 7 - Resumo – Média FLD e diferença percentual ao longo do dia.....	58
Tabela 8 - Média Diária em Lux por apartamento	64
Tabela 9 – Condições de Céu por Dia	66
Tabela 10 – Legenda	69
Tabela 11 - valores de FLD - ensaio de campo.....	70
Tabela 12 - Valores de FLD - ensaio de campo	71
Tabela 13 - Condições de Céu – Simulação	73
Tabela 14 - Média Diária em Lux por apartamento	81
Tabela 15 - Critérios Normativos de Classificação para Simulação	89
Tabela 16 - Simulação 101 x 102.....	89
Tabela 17 - Simulação 201 x 202.....	90

1 INTRODUÇÃO

A Segunda Grande Guerra é sempre lembrada pelos eventos de tragédia e destruição causados à humanidade. Durante seu período um grande número de pessoas foi mobilizado para resolver problemas e desenvolver soluções simples, como um artefato básico, até as mais revolucionárias, como a construção da bomba atômica.

Com a destruição em massa de várias cidades e vilarejos, o cenário pós-guerra demandou uma grande quantidade de pessoas para reconstruir estes lugares o mais breve possível. A fim de proporcionar as mesmas condições de habitação em um curto período, fez-se necessário o desenvolvimento de várias tecnologias.

Shin (2016) esclarece este fato quando fala que, para garantir a execução de obras com condições mínimas de habitabilidade, garantindo o mesmo nível de desempenho em curto prazo, foi criado um comitê internacional no campo da engenharia com o intuito de desenvolver e difundir técnicas de construção, o CIB¹. Esta associação é considerada um marco no campo da qualidade na construção. Segundo Blachere (1967) apud Kern et al (2014), o CIB foi realizado em 1962 e, após as questões apresentadas neste Conselho, no final da década de 60 houve a publicação da primeira edição do livro intitulado *SavoirBatir: Habitabilite, Durabilite, Economiedes Batiments*, (Saber Construir: Habitabilidade, Durabilidade, Economia dos Edifícios) de Gerard Blachere, considerada de grande importância para o tema onde o desempenho de edificações é conceituado como comportamento em uso ao longo da vida útil.

Desde então o estudo do desempenho vem sendo desenvolvido em várias partes do mundo. No Brasil o conceito não é recente e surgiu motivado e baseado em normativas internacionais, principalmente europeias, passou a existir a preocupação em tentar executar melhorias na qualidade das edificações. No

¹ CIB – Comitê Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção.

entanto, não tem sido uma tarefa fácil, visto que a maior parte das empresas atrelam incrementos de qualidade à elevação do custo da obra. Surge então, conforme relata Borges (2008), a implementação de ações do governo no sentido de dirimir o déficit habitacional. Com a perspectiva de crescimento do mercado, houve o aparecimento de várias empresas no ramo da construção, e a natural preocupação em criar instrumentos de controle de maneira que não permitissem a brusca queda na qualidade das obras. A Caixa Econômica Federal financiou um projeto de norma que teve como foco dar suporte na criação de uma metodologia para avaliação de sistemas construtivos inovadores, utilizando para isto a definição de um desempenho mínimo para os sistemas que compõem as obras de habitação no Brasil.

Esta primeira versão tratava de edificações até cinco pavimentos, mas não chegou a sua implementação devido às exigências normativas estabelecidas aos projetistas, construtores e produtores de materiais que, através de um comitê, conseguiu prazo para melhor adequação (SACHS e NAKAMURA , 2012).

Este projeto de norma, após anos de discussões junto a construtores, consultores, produtores de materiais, entre outros, transformou-se na atual NBR 15575, em vigor no Brasil desde julho de 2013. Desta maneira, o conceito de desempenho não é mais novidade, e a versão atual se dedica às obras com a preocupação de garantir condições mínimas de habitabilidade, sustentabilidade e segurança e para isto, estabelece obrigações às partes envolvidas no processo a incumbência da responsabilidade a cada ente: construtores, fornecedores de materiais, projetistas e usuários. Mesmo com todo este tempo em torno do assunto, Saraiva *et al.* (2016), três anos depois da sua implementação a NBR 15575 (ABNT, 2013) afirmam que, ainda era uma ilustre desconhecida das empresas do mercado da construção civil, e muitos são os condicionantes que colaboram com as dificuldades para o cumprimento das normativas. Fatores como resistência ao novo, falta de cultura para o cumprimento de normas técnicas, dificuldade em se adaptar as exigências da norma, número reduzido de laboratórios, explicam a lentidão no avanço da norma.

Dentre seus requisitos, encontra-se o conforto lumínico, fator essencial para o desenvolvimento de tarefas de forma que não ofereça risco à saúde visual. No âmbito da norma de desempenho, no quesito iluminação natural, este trabalho objetiva avaliar as diferentes variáveis que influenciam diretamente nos ensaios de campo e realizar comparativo com simulação computacional.

Observou-se que a NBR 15575 (ABNT, 2013) no que tange ao método de execução dos ensaios, apresenta algumas lacunas e proporcionando uma grande variação nos resultados para o mesmo empreendimento.

1.1 Importância e justificativa do tema

As questões relacionadas à qualidade, envolvendo a metrologia, normalização e avaliação da conformidade (inclusas aí as certificações) estão diretamente relacionadas e são fundamentais para promover a competitividade, uma vez que produtos fabricados conforme normas técnicas tendem a ser mais competitivos e de melhor aceitação pelo mercado pois possuem uma espécie de “selo de garantia”. Dito isto, fica claro que normas partem de uma demanda proveniente da sociedade e, para atendê-la, é desenvolvido um trabalho aberto de consenso em torno de um tema específico. Desta forma, surge uma nova norma ou nova versão da mesma que deve representar as melhores práticas (ABNT, 2018).

A Norma em questão está em vigor há mais de cinco anos. Sua implementação é um marco no que diz respeito à busca pela qualidade e padronização e, principalmente, pelo bom comportamento em uso das construções. Os critérios de avaliação dos requisitos exigidos por ela são essenciais na determinação não apenas de controle, mas também da classificação do nível do produto entregue ao consumidor, de forma que é de suma importância que seus critérios estejam em permanente discussão objetivando rigor na execução.

Neste contexto, este trabalho se insere na perspectiva de entender a assertividade dos métodos de coleta e das simulações computacionais, conhecendo melhor o comportamento lumínico das edificações e, desta maneira, contribuindo para o melhor uso de instrumentos de avaliação, em especial no que se refere ao

critério de iluminação natural, para promover melhorias ao conforto dos usuários e auxiliar nas decisões tomadas pelos projetistas.

Segundo Maamari (2000) apud Pereira *et al.* (2008), os procedimentos utilizados na validação de programas para computadores são três: técnicas identificadas como validação analítica, na qual cobre domínios limitados da propagação de luz e é aplicada, geralmente, em análises mais simples como numa suposição teórica de determinada etapa de um projeto; validação comparativa, que consiste em comparar resultados de simulações computacionais entre programas; a terceira é a validação experimental onde os resultados de modelos físicos ou ambientes reais são comparados com os resultados das iluminâncias. O presente estudo se encontra no terceiro caso onde os resultados apresentam boa integração e uniformidade, obtidos por meio de simulação computacional são comparados a dados coletados em campo.

Desta forma, pretende-se avançar nos conhecimentos a respeito de desempenho lumínico no Brasil. Ao realizar ensaios de iluminação natural, observam-se alguns pontos de imprecisão na norma de desempenho. O presente estudo busca apontar estas questões para que as mesmas possam proporcionar contribuição para a próxima alteração da norma.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

O objetivo principal do trabalho é discutir principais fatores de influência na coleta de dados para avaliação do desempenho lumínico de edifícios multifamiliares, para iluminação natural, por meio de estudo de caso, e comparar os valores obtidos *in loco* com a simulação computacional.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a influência nos procedimentos de coleta na dispersão dos resultados obtidos em campo pela norma;

- Avaliar a influência de alguns fatores que podem interferir no ensaio, conforme segue:

- I. Diferentes horários ao longo do dia;

- II. Posição do cômodo (nascente/ poente);

- III. Revestimento.

- Verificar o desempenho lumínico mínimo de cada apartamento analisado e classificar conforme critérios da Norma de Desempenho NBR 15.575 (2013) – iluminação natural, utilizando o ensaio *in loco* e simulação computacional;

- Realizar simulação computacional para os mesmos apartamentos do ensaio *in loco*, utilizando na simulação, as condições do ensaio;

- Comparar os resultados do ensaio *in loco* e da simulação de acordo com critérios normativos e também nas condições do ensaio.

1.3 Escopo do trabalho

O presente trabalho está dividido em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia da pesquisa, Resultados e discussões e considerações finais.

Neste capítulo, faz-se a apresentação do tema escolhido, abordando-se a importância do assunto e os objetivos a serem alcançados.

No segundo capítulo procura-se discorrer a respeito do tema sob a luz de autores cujas obras servem de base para o estudo na área de desempenho e iluminação. Traz uma análise sobre desempenho de forma geral e na construção civil abordando seu histórico e importância assim como a importância da iluminação

natural e o seu uso na arquitetura. Destaca a norma de desempenho 2013, trazendo seu escopo completo no que se refere ao requisito de iluminação.

O terceiro capítulo apresenta a metodologia da pesquisa e descreve o estudo de caso realizado

O próximo capítulo aborda os resultados do estudo realizado vinculados com as respectivas discussões, através de tabelas e gráficos.

Por fim, o quinto capítulo, traz as considerações finais apresentando uma análise conclusiva dos resultados.

1.4 Metodologia e limitações do estudo

Esta pesquisa tem um caráter experimental e consiste na avaliação de algumas variáveis de influência no ensaio de iluminação natural da Norma de Desempenho, por meio dos dois métodos utilizados: ensaio de campo e simulação computacional.

Desta forma, o experimento consistiu em realizar o ensaio de iluminação natural durante quatro dias seguidos (22/05/2018 ao 25/05/2018), em quatro unidades habitacionais de um mesmo empreendimento, com pontos de coleta nos cômodos determinados pela norma para desempenho mínimo, obtidos da medição executada de hora em hora, iniciando às 9 horas e terminando às 15 horas. Para tanto foi utilizado o aparelho de luxímetro portátil, apoiado sobre uma superfície de madeira, confeccionado exclusivamente para o ensaio.

Também foi realizada a simulação computacional das mesmas unidades de execução dos ensaios, conforme recomenda a NBR 15575 (ABNT, 2013) a fim de observar a conformidade com o ensaio de campo realizado.

O estudo tem características próprias e em virtude disto vale destacar algumas limitações, tais como:

- As análises de campo foram realizadas em apenas uma construção sendo limitado a apenas este modelo;
- Os dados levantados em campo se resumiram ao mês de maio, não se podendo verificar outras diferentes condições ambientais;
- A edificação estudada apresenta um situação de exposição a iluminação privilegiada e esta condição não permitiu avaliar a influência da sombra provocada por algum fator externo, como outras construções, muros, árvores;
- Este estudo se limitou a avaliar os procedimentos normativos vigentes considerando apenas os moldes dos ensaios requeridos e não se preocupou em questionar se seus procedimentos sofrem influência das diferenças regionais do país;
- A simulação computacional se limitou a avaliar a sua validação em comparação com ensaio *in loco*, não havendo aprofundamento no algoritmo utilizado pelo software para obtenção dos resultados, bem como à verificação com a utilização do DialuxEvo não sendo objeto do trabalho avaliar, comparativamente, diferentes softwares disponíveis no mercado.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo destina-se a abordar o embasamento teórico e conceitual necessário ao entendimento do trabalho desenvolvido com suas respectivas fontes, notadamente no que se refere a iluminação, desempenho e desempenho lumínico.

2.1 Iluminação natural e sua importância na concepção dos projetos

Uma das maiores descobertas da humanidade foi feita meio por acaso: o fogo. Este elemento é essencial à vida e passou a ser tão importante que gerou guerras pela sua conquista pois gera luz e calor. Seria então a primeira luz artificial que possibilitou enxergar durante ausência de luz natural (SILVA, 2004).

Fatores como o aprendizado são destacados por Bertolotti (2007) quanto à importância da iluminação, apontando as condições ambientais como papel determinante nesses processos, já que o estímulo educacional é repassado através dos sentidos, estando a visão entre os mais importantes

Silva (2004) descreve a luz visível aos olhos humanos como uma onda eletromagnética, àquela que está numa faixa entre 380 e 780 nanômetros é percebida pelo cérebro e tem a capacidade de refletir em determinadas superfícies.

Para entender como a luz natural se propaga em ambientes internos, utiliza-se o conceito de divisão de fluxo, em que a luz natural incidente é dividida em três componentes, celeste, refletida interna e refletida externa. A soma dessas componentes gera o total de luz natural que atinge determinado ponto no ambiente interno. (PEREIRA et al, 2008).

Conforme explicam Erbs et al. (2017), se uma fonte luminosa conseguisse irradiar luz de maneira uniforme, em todas as direções, este fluxo seria distribuído de forma esférica. Esta situação não corresponde à realidade, uma vez que os ambientes possuem obstáculos, tornando uma situação quase impossível. Desta forma, é necessário medir o valor dos lúmens emitidos em cada direção, representadas por vetores, e seu comprimento representa a intensidade luminosa

em cada direção. A radiação total emitida por determinada fonte de luz chamamos fluxo luminoso.

Uma das principais vantagens da luz natural é a qualidade proporcionada. Ao longo de milhões de anos houve a evolução da visão humana com o uso da iluminação natural, que é uma combinação de luz solar direta e luz difusa do céu (ROBBINS, 1985). Portanto, utilizar a iluminação natural como prioridade num projeto vai além das vantagens ecológicas e de economia, está relacionada à saúde visual.

Para obter melhor aproveitamento dessa luz natural, é preciso analisar a quantidade de luz disponível e as suas variáveis em relação às condições atmosféricas locais, como as obstruções externas, tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, características óticas dos envidraçados, tamanho do ambiente e das refletividades das superfícies internas, conforme NBR 15215 – 3 (ABNT, 2005). Porém, é importante observar que a luz natural em excesso pode trazer danos ao ambiente causando desconforto físico e psicológico (KOENIGSBERGER et al., 1997 apud MACÊDO, 2002). De forma inversa, observa-se que um ambiente com luminosidade mais leve, com baixa iluminação, o torna mais aconchegante, sem sensação de ofuscamento. Uma boa iluminação requer igual atenção para a quantidade e qualidade da iluminação NBR ISO/CIE 8995-1 (ABNT, 2013). Desta forma, destaca-se a importância do projeto cabendo ao projetista encontrar a situação ideal para cada caso, devendo atender a requisitos de desempenho visual, conforto, agradabilidade e economia.

Bortolan, Ferreira e Tezza (2019), elencaram e identificaram aspectos que podem influenciar no desconforto visual através de variáveis como iluminação geral, direcionamento da luz, distribuição luminosa, temperatura de cor, adaptação visual, refletância, flickers, intensidade luminosa, iluminância, índice de reprodução de cor, ofuscamento, brilho, ausência de iluminação natural, sombras e luminância. Além desses fatores influenciam também as características físicas dos ambientes como móveis e objetos, cor, forma, tamanho, bem como o tipo de tarefa desempenhada no local. Estes autores listaram uma série de sintomas em relação ao uso da iluminação natural, conforme segue.

- Ausência de iluminação natural: dificuldade de orientação temporal, dificuldade de sono, baixo nível de alerta, distúrbios de humor, afeta o funcionamento do ritmo biológico (BORTOLAN, FERREIRA E TEZZA, 2019 *apud* MARTAU, 2008)
- Excesso de iluminação natural: Variações de luz, brilho e cor que impactam no conforto visual (BORTOLAN, FERREIRA E TEZZA, 2019 *apud* WIENOLD e CRISTOFFERSEN, 2006)
- Iluminação artificial – alta ou baixa luminosidade: alterações do ritmo circadiano como fome, batimentos cardíacos, sono, produção hormonal (Bortolan, Ferreira e Tezza, 2019 *apud* MARTAU, 2008; GRANDJEAN, 2002).

A Figura 1 representa um modelo de conforto visual composto pelo tripé: estímulo, satisfação e desempenho.

Figura 1 – Tripé do conforto visual



Fonte: Bortolan, Ferreira e Tezza (2019)

Sendo assim, o tipo de tarefa desempenhada e o nível de conforto visual irão determinar a quantidade da luz a ser utilizada seja ela natural, artificial ou a combinação das duas.

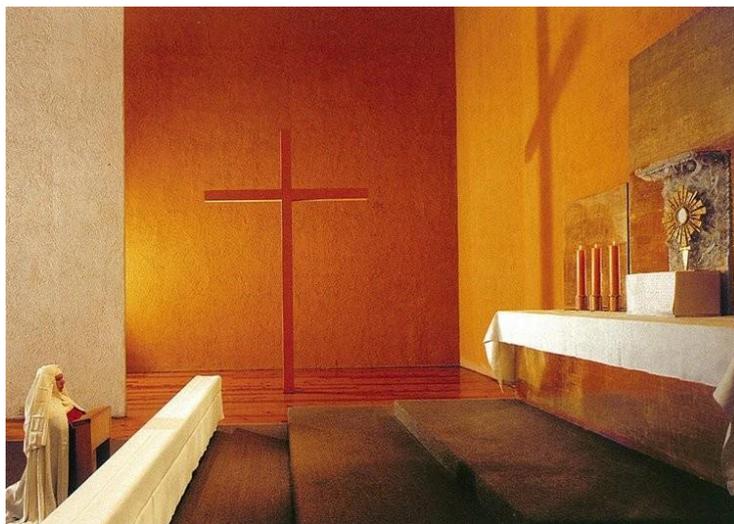
Desta forma, o uso da iluminação está intimamente associado ao conceito de qualidade ambiental e ao conforto. Portanto, a solução mais adequada para um projeto deve visar a iluminação artificial como complementar ao uso da natural e não a sua substituição (AMORIM, 2002). Portanto, é importante compreender que para o desenvolvimento de um projeto, utilizar o aproveitamento da luz natural extrapola a questão da redução do consumo de energia, tão em evidência atualmente (GALVÃO E D'OTAVIANO, 2015).

Em contrapartida, Galvão e D'Otaviano (2015) afirmam que o uso da iluminação artificial permite que os horizontes a respeito do desenvolvimento das tarefas se prolonguem ao cair da noite, ou seja, tarefas como ler e escrever, por exemplo, possam se prolongar durante o dia entrando no período noturno. O que é muito importante não apenas para atividades domésticas como principalmente à atividades comerciais o que levou ao consumo indiscriminado da energia no uso com iluminação artificial. Depois de alguns anos, percebeu-se o impacto desta prática para o meio ambiente, e atualmente, os olhos voltaram para fontes naturais de energia assim como o uso mais intenso da iluminação natural nas construções, passando a ser um elemento importante na concepção dos projetos de arquitetura. Corroborando com esta ideia, Vieira (2016) evidencia a importância do uso consciente de recursos naturais, uma vez que a construção civil causa grande impacto ambiental e econômico devido ao aumento da população, incluindo nestes fatores o uso excessivo da iluminação artificial, que demanda boa quantidade de energia, contribuindo fortemente para as mudanças climáticas globais.

.Além destes fatores, o uso da iluminação na arquitetura está aliado à beleza e estética. Segundo Macêdo (2002) a luz natural era levada em consideração desde o processo inicial do projeto por arquitetos como Le Corbusier, Louis Kahn, Alvaraalto, pois consideravam que ela deveria ser fator determinante na concepção de um projeto. Galvão e D'Otaviano (2015) mostram que o uso da luz natural para estes arquitetos estava diretamente relacionada à estética e promoviam a interação

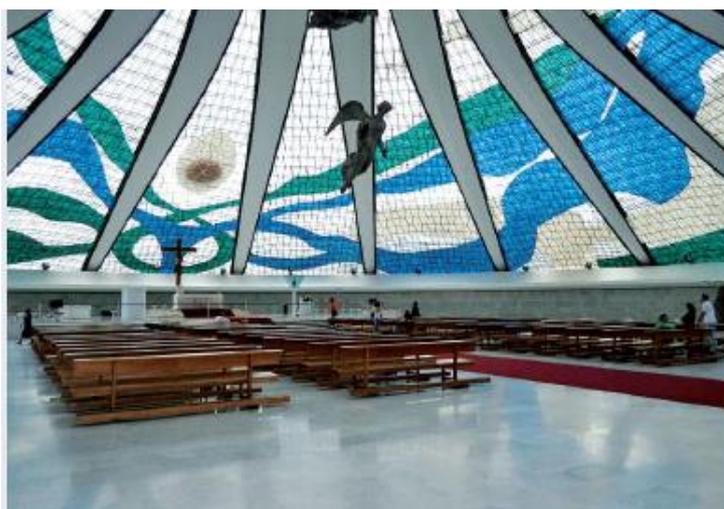
entre o interior e o exterior, criando efeitos magníficos, como é o caso da Capela do arquiteto Luis Barracan, no México, representada na Figura 2 e da Catedral de Brasília, de Niemeyer, Figura 3.

Figura 2 - Efeito com iluminação natural - Capela das Capuchinas, México



Fonte: imagem do google

Figura 3 - Vitrais da Catedral de Brasília



Fonte: Galvão e D'Otaviano (2015)

Porém, nos últimos anos grande tem sido a preocupação com a redução dos impactos ambientais. Neste sentido, a iluminação natural aparece como fator relevante enquanto elemento que proporciona redução desses impactos.

2.2 Desempenho – conceitos, normalização

2.2.1 Conceito

Segundo o dicionário Michaelis (2018), são encontradas quatro definições para o conceito de desempenho:

- Ato ou efeito de desempenhar-se; desempenhamento;
- Conjunto de características que permitem determinar o grau de eficiência e as possibilidades de operação de determinado veículo, motor, máquina etc;
- Resgate do que estava empenhado; recuperação;
- Modo de executar uma tarefa que terá, posteriormente, seu grau de eficiência submetido à análise e apreciação.

Ao falar em desempenho remete-se a ideia de avaliação de um processo de determinada tarefa, serviço, pessoa, máquina etc. observando-se sua performance ao longo de determinado período.

O desempenho não é um conceito fácil, pois depende do contexto e assim torna difícil desenvolver teoria a respeito, de forma que sugerem que ações tomadas hoje tenham a intenção de proporcionar resultados depois. (LEBAS e EUSKE, 1993 apud NEELY, 2004)

O desempenho pode ser entendido como o comportamento em uso ao longo da sua vida útil (BLACHERE, 1969 apud BORGES, 2010). Sach e Nakamura (2013) complementam este conceito como sendo as condições mínimas de habitabilidade que se pode usar numa edificação em um determinado período de tempo. Pode-se

citar, dentre estas condições, o conforto térmico, acústico, segurança e luminosidade.

Em termos de edificações o desempenho é uma tarefa complexa e está diretamente relacionado ao atendimento dos requisitos solicitados pelos usuários. O *performance based building* (PBB), que seria o conceito de edifício baseado em desempenho, está promovendo um novo olhar às construções e pretende atender aos requisitos requeridos pelos usuários, não se contentando apenas em cumprir as normas prescritivas. Muitos países estão empenhados em executar novas construções baseadas nestes fundamentos. Segundo esclarece Huovila (2005) que a aplicação do PBB consiste em traduzir necessidades humanas, oferece um ambiente flexível e não prescritivo, permite maior inovação e ajuda ao comércio internacional. Embora a definição seja bastante debatida, é considerada “ a prática de pensar e trabalhar em termos de fins e não de meios”

2.2.2 Uso do Desempenho nas diversas áreas

No âmbito do desempenho de pessoal, muitos são os estudos para compreender a melhor forma de garantir melhores resultados. Neely (2004) argumenta que existem duas formas de para medir o desempenho. A primeira está alinhada com um sistema de recompensa extrínseco e a segunda está relacionada a uma mudança comportamental proveniente de motivação intrínseca. O estudo explora qual das duas avaliações tem mais influência no resultado de desempenho de uma equipe ou profissional, chegando a avaliar que o resultado depende da forma como a atividade se desenvolve. Quando é rotineira, torna-se mais fácil medir o desempenho e motivações extrínsecas são suficientes, enquanto que trabalhos com elevado grau de incompletude possuem a necessidade de ferramentas de motivação intrínsecas para atingir o desempenho desejado.

Nas grandes corporações é comum a realização de frequentes avaliações. Gillen (2000) relata que o ponto central do gerenciamento é a frequente avaliação a fim de permitir que o desempenho melhore, sendo esta sua principal razão. Ele traz uma escala alfanumérica como exemplo, onde são observados níveis de desempenho de uma corporação em relação ao funcionário avaliado, conforme abaixo:

- “Grau de desempenho 1 → Desempenho excepcional; excede os requisitos da função de forma significativa.
- Grau de desempenho 2 → Desempenho muito bom, excede os requisitos da função.
- Grau de desempenho 3 → Desempenho satisfatório; cumpre os requisitos da função.
- Grau de desempenho 4 → Insatisfatório; não perfaz os requisitos da função.
- Grau de desempenho 5 → Ruim; falha de forma significativa em cumprir os requisitos da função.” (GILLEN, 2000).

Como o capital humano faz parte de qualquer serviço, sem dúvida tratar da melhoria do desempenho de pessoal é essencial para o desenvolvimento de qualquer empresa, assim como os recursos humanos. Diversas áreas utilizam os mesmos conceitos para o desenvolvimento e melhoria da qualidade de seus produtos.

Uma das indústrias nas quais os conceitos de desempenho estão consolidados e fazem parte da rotina é a aeronáutica. Segundo Ferreira (2008) o padrão de concorrência da indústria aeronáutica está baseado em dois fatores, as condições de financiamento à qual está submetida e o fator tecnológico.

.A Segunda Guerra Mundial marcou uma das maiores tragédias da humanidade. Com o seu fim, em 1945, diversas lições passaram a compor a experiência e o conhecimento da humanidade e trouxe consigo um legado de desenvolvimento tecnológico fundamental para o crescimento de muitas indústrias. Constatou-se que a soberania de uma nação estava relacionada ao domínio do seu espaço aéreo, com indústria aeronáutica própria, levando o Brasil, por exemplo, a investir nesta indústria. Para tanto, houve profundo investimento na área tecnológica, com a criação de institutos de pesquisa, escola aeronáutica, institutos de certificação de materiais (GOMES, 2012).

Esse autor frisa ainda que se tratando de valor agregado, no caso de aeronaves, as etapas que precedem a construção e montagem são tão ou mais importantes. Desta forma são essenciais para o perfeito funcionamento da aeronave que seja desenvolvido com total atenção as etapas de anteprojeto, projeto preliminar, congelamento do projeto e projeto executivo (construção do protótipo), ensaios em solo e em voo e certificação aeronáutica.

Conceitos de desempenho, na indústria da construção civil, assim como na aeronáutica, tiveram suas bases iniciadas a partir da necessidade da reconstrução breve das cidades destruídas pela Segunda Guerra, assegurando requisitos mínimos de habitabilidade, diante de cenário de escassez.

Em 1953, foi fundado, sob forma de associação, o CIB, que é a abreviatura do (antigo) nome francês: "Conseil International du Bâtiment" (em inglês: Conselho Internacional de Construção). Em 1998 o nome do conselho mudou para Conselho Internacional de Pesquisa e Inovação na Construção mas a sigla foi mantida (CIB, 2018). Trata-se de uma entidade internacional que tinha por objetivo estimular e facilitar cooperação internacional e troca de e a troca de informações entre institutos de pesquisa governamentais no setor da construção. Surgiu da necessidade de desenvolver técnicas para reconstruir as cidades de uma maneira eficaz após Segunda Guerra Mundial, que precisavam garantir celeridade sem diminuir o desempenho das construções. Foi considerado como o primeiro marco com busca na qualidade do setor da construção civil. (SHIN, 2016). Atualmente, com cerca de mais de 5000 pesquisadores, o CIB congrega quase todos os principais institutos nacionais de pesquisa na área de construção de todo o mundo e é a principal plataforma mundial para cooperação internacional e troca de informações na área de pesquisa e inovação na construção Suas contribuições resultaram em importantes congressos com publicações de importância global, muitas delas tornando-se base para desenvolver padrões internacionais (CIB, 2018)

Após a criação do CIB, considerada um marco para o setor, surgiram as primeiras publicações e normativas que tratavam de qualidade e desempenho. Considerada a primeira delas a ISO 6241 (1984), "*Performance Standards in building*" (Avaliação de desempenho em edifícios), apresentada num encontro

nacional em Lisboa, na qual contribuiu com a possibilidade de mensurar o desempenho de uma edificação (CORDOVIL, 2013). Possan e Demoliner (2013) falam que a ISO 6241 permitiu balizar a estruturação dos critérios utilizados pela NBR 15575 (ABNT, 2013), adaptados para nossa realidade.

No Brasil a discussão a respeito de desempenho não aconteceu na mesma velocidade que em outros países. Pouco antes dos anos 2000, em função de déficit habitacional o país se viu obrigado a discutir o assunto de forma mais incisiva onde iniciou o processo na qual culminou na NBR 15575 (CORDOVIL, 2013).

2.3 Norma de Desempenho – NBR 15575

O mercado imobiliário está suscetível ao princípio básico da lei mercadológica de oferta e procura. Extremamente dinâmico e intimamente relacionado e condicionado aos aspectos socioeconômicos, enfrenta, de tempos em tempo algumas crises. Portanto, é essencial que profissionais do setor estejam preparados para absorver tais impactos. A norma de desempenho resgata as boas práticas de projeto e execução quando demanda qualificação e estudo por parte dos arquitetos e engenheiros, observada no caso da especificação dos elementos e sistemas construtivos.

Além disso, não poderão ser tomadas decisões unilaterais de forma que a norma apresenta, na sua concepção, responsabilidades a cada componente do sistema construtivo, uma vez que o grau de compromisso e da interdependência entre todos os envolvidos passam a ter importância maior, alterando a relação com os clientes, parceiros de projetos e de obra, e usuários do objeto edificado. As incumbências estabelecidas na Norma de Desempenho podem alterar profundamente esse cenário (MAREB, 2015).

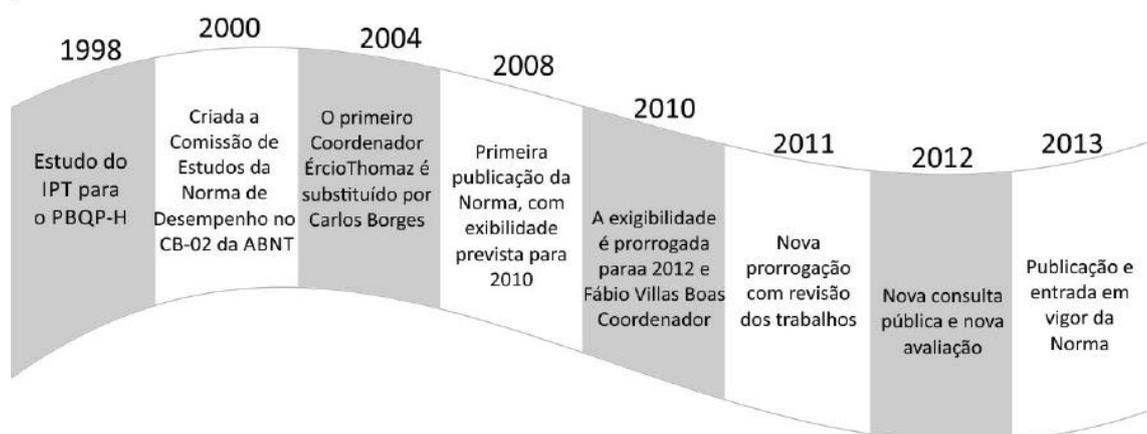
Numa pesquisa realizada por Okamoto (2015) com empresas pelo Brasil através de questionários sobre o conhecimento e aplicação da norma de desempenho, apenas seis de doze empresas se dispuseram a responder ao questionário. Das que responderam, as maiores empresas é que detinham o conhecimento da norma, mas poucas melhorias efetivas foram percebidas sem muito impacto no processo de projeto. Isso demonstra que o investimento para

ofertar um produto de qualidade ao cliente ainda é visto como acréscimo de custo ao empresário do ramo da construção e evidencia a urgência e importância do uso desta norma para a evolução do setor.

Com o projeto da norma financiado pelo Caixa Econômica Federal, através do programa Habitare, da Finep, a primeira versão da norma brasileira de desempenho tratava de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos e foi publicada em 2008, com previsão de entrar em vigor em maio de 2010. Seu objetivo inicial seria dar suporte para a criação de uma metodologia para avaliação de sistemas construtivos inovadores através da definição de um desempenho mínimo obrigatório para os principais sistemas utilizados nas habitações brasileiras (BORGES, 2010). Esta seria sua primeira tentativa de lançamento. Porém, Sach e Nakamura (2013) relatam que muitas empresas foram pegas de surpresa com a exigência de requisitos inéditos para a época e representantes das principais entidades dos construtores, projetistas e produtores de materiais conseguiram a extensão do prazo para se adequarem aos novos moldes. Neste período a norma passou por reformulações tendo sua publicação em março de 2013, entrando em vigor a partir de 19 de julho do mesmo ano (POSSAN E DEMOLINER, 2013).

A Figura 4 mostra a linha do tempo trilhado pela norma desde suas ideias iniciais até sua publicação nos moldes atuais.

Figura 4 - Linha do Tempo da Norma de Desempenho



Fonte: Neto et al, 2015

A atual versão trata de todas as disposições aplicáveis aos sistemas que compõem edificações habitacionais, projetados, construídos, operados e submetidos a intervenções de manutenção que atendam às instruções específicas do respectivo manual de operação, uso e manutenção.

Gibson (1982) citado por Borges (2010) trata o desempenho sob a ótica de preocupar-se com os fins a que se destina uma edificação, e não apenas os meios de para produzi-la como acontece nas normas prescritivas. Este conceito fica claro quando relata que:

"A abordagem de desempenho é, primeiramente e acima de tudo, a prática de se pensar em termos de fins e não de meios. A preocupação é com os requisitos que a construção deve atender e não com a prescrição de como essa deve ser construída". (GIBSON, 1982 *apud* BORGES, 2010).

Neste sentido a norma trata especificamente em atendimento aos requisitos exigidos pelos usuários e não de procedimentos prescritivos dos sistemas de construção, conforme especifica o guia do CAU (2015). No caso destes últimos estabelecidos nas normas prescritivas. Borges (2010) já tratava deste conceito quando faz a observação de que o foco da Norma de Desempenho são os critérios de medição em atendimento aos requisitos construtivos, não se preocupando com as normas prescritivas.

Traz em sua abordagem conceitos não considerados nas normas prescritivas tais como a durabilidade dos sistemas, a manutenibilidade da edificação e o conforto tátil e antropodinâmico dos usuários, demonstrando a preocupação com a edificação não apenas na sua concepção e implantação, mas vislumbrando a sua qualidade, permitindo a garantia da vida útil estimada atrelada a critérios mínimos de conforto habitacional.

A NBR 15575 (2013) está dividida em seis partes, conforme segue:

- Parte1: Requisitos Gerais;
- Parte2: Requisitos para os sistemas estruturais;
- Parte3: Requisitos para os sistemas de pisos;

- Parte4: Requisitos para os sistemas de vedações internas e externas;
- Parte5: Requisitos para os sistemas de coberturas;
- Parte6: Requisitos para os sistemas hidrossanitários.

As Normas prescritivas estabelecem requisitos com base no uso consagrado de produtos ou procedimentos, buscando o atendimento às exigências dos usuários de forma indireta. Por sua vez, as Normas de desempenho traduzem as exigências dos usuários em requisitos e critérios, e são consideradas como complementares às Normas prescritivas, sem substituí-las. A utilização simultânea delas visa atender às exigências do usuário com soluções tecnicamente adequadas. Em caso de divergência entre elas deve-se atender a todas, conforme determina NBR 15575 (ABNT, 2013).

Sob essa perspectiva a Norma de Desempenho foi organizada, ao absorver as exigências dos usuários e considerando as condições de implantação ao qual esta submetida a obra. Tendo como referência os elementos do edifício são estabelecidos critérios para atender a estas exigências como também sua forma de avaliação (GUIA CBIC, 2013), ilustrado conforme Figura 5.

Figura 5 – Estrutura da Norma



Fonte: Guia Orientativo para Atendimento a Norma CBIC (2013)

Os requisitos são os aspectos qualitativos e visam atender as necessidades dos usuários promovendo bem estar e conforto, proporcionando condições mínimas de habitabilidade.

Requisito é a forma como os critérios serão atendidos. Possuem uma classificação (mínimo, intermediário e superior) proporcionando ao usuário avaliar em quais condições de habitabilidade será disponibilizado o imóvel.

Ainda conforme o Guia CBIC (2013) para que sejam atendidos os requisitos qualitativos dos usuários faz necessário que seja garantida a promoção da segurança, habitabilidade e sustentabilidade, e desmembrados em tópicos da seguinte maneira:

- **SEGURANÇA**
 - Segurança estrutural
 - Segurança contra o fogo
 - Segurança no uso e na operação

- **HABITABILIDADE**
 - Estanqueidade
 - Desempenho térmico
 - Desempenho acústico
 - Desempenho lumínico
 - Saúde, higiene e qualidade do ar
 - Funcionalidade e acessibilidade
 - Conforto tátil e antropodinâmico

- **SUSTENTABILIDADE**
 - Durabilidade
 - Manutenibilidade
 - Impacto ambiental

A Figura 6 ilustra a matriz da NBR 15.575 (ABNT, 2013). Nela se pode observar que está dividida em seis partes, contemplando os sistemas componentes de uma edificação (linhas horizontais) e ao mesmo tempo atendendo aos requisitos dos usuários (linhas verticais).

Figura 6– Matriz da Norma

		Requisitos dos Usuários												
		Segurança Estrutural	Segurança contra Incêndio	Segurança no Uso e Operação	Desempenho Acústico	Desempenho Térmico	Desempenho Luminoso	Estanqueidade	Saúde, Higiene e Qualidade do Ar	Acessibilidade	Conforto Antropodinâmico e Tátil	Durabilidade	Manutenibilidade	Impacto Ambiental
Partes da Norma	Parte 1: Requisitos gerais													
	Parte 2: Sistemas estruturais													
	Parte 3: Sistemas de pisos													
	Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas													
	Parte 5: Sistemas de coberturas													
	Parte 6: Sistemas hidrossanitários													

Fonte: Guia Orientativo para Atendimento a Norma CBIC (2013)

2.4 Desempenho Lumínico – conceitos e métodos de avaliação

Dentre os diferentes requisitos apresentados pela norma, o desempenho lumínico tem-se mostrado bastante importante para todos os agentes envolvidos.

Desempenho lumínico é o critério estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2013) na qual pode ser medido através dos requisitos de ensaios *in loco* ou simulação computacional. Está classificado como natural e artificial.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) aborda o desempenho de iluminação natural e artificial, no ítem 13, parte 1.

O desempenho lumínico pode ser obtido ou melhorado mediante diversos recursos, particularmente aplicação de cores claras nos tetos e paredes internas, e adoção de caixilhos com áreas envidraçadas relativamente grandes. O posicionamento das janelas nas paredes é importante não só para garantir a iluminação, mas também a comunicação com o exterior. No segundo caso, contudo, o envidraçamento comum permitirá não só a passagem de luz como também de grande quantidade de radiação solar, podendo comprometer o desempenho térmico o que reforça o caráter de inter-relação entre os diferentes requisitos para o atendimento a norma.

Ainda conforme a NBR 15575 (ABNT, 2013), o posicionamento das janelas nas paredes é importante não só para garantir a iluminância, mas também a comunicação com o exterior.

Iluminância é a luz irradiada por uma fonte de luz, relacionada à superfície na qual ela incide a uma certa distância. É a quantidade de luz de um ambiente. É medida por meio de um luxímetro, no entanto não pode ser vista. Existem níveis médios de iluminâncias adequados para determinadas atividades, gerando conforto visual e até aumento de produtividade conforme Barbosa (2012) *apud* Erbs *et al.* (2017). A incidência de um fluxo luminoso em uma determinada área é denominada iluminância, e é medido em lux (lux) (KALJUN e DOLSAK, 2012 *apud* Erbs *et al.*, 2017).

O conceito de Iluminância se dá como sendo o limite da razão do fluxo luminoso recebido pela superfície em torno de um ponto considerado, pela área da superfície quando esta tende para o zero, conforme Gerrini (2011) mostra na equação1.

$$E = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta S} = \frac{dF}{dS} \text{ lm/m}^2 \quad (1)$$

A luminância é definida como sendo a relação entre a intensidade luminosa na direção de um objeto qualquer e a área aparente deste objeto. Deve-se entender por área aparente, a área do elemento projetada sobre um plano perpendicular à direção considerada. Caracteriza a visibilidade de uma superfície iluminada onde suas diferenças geram a noção de profundidade, de relevo e posição relativa das partes de um objeto (GUERRINI, 2011). Uma parte da iluminância que é emitida é absorvida pelo objeto e outra refletida. A parte que chega aos nossos olhos é a luminância. Conforme consta na NBR 15215-3 (ABNT, 2005), luminancímetros são aparelhos próprios para medir a luminância.

Desta forma, a iluminância é a quantidade de luz que incide em determinada superfície a certa distancia. A luminância é esta luz após refletir na superfície e que chega aos olhos do observador. O estudo desses conceitos se faz importante para um adequado projeto na qual contemple o conforto lumínico, onde a falta ou excesso de iluminação provocam desconforto e danos a saúde do usuário.

Lux é a unidade lúmen por metro quadrado, significa luz, em latim (GUERRINI, 2011).

Importa salientar que as edificações residenciais tratadas pela norma precisam apresentar resultados conforme parâmetros normativos em todos os critérios abordados por ela. Atenta-se, portanto, para a relação entre o Desempenho Lumínico versus Desempenho Térmico. Na tentativa de aumentar a utilização da iluminação natural como fonte de energia pode-se pecar pelo excesso de calor dentro dos ambientes, elevando a temperatura. Lamberts (2016) trata a temperatura do ar como principal variável de influência do conforto térmico. Desta forma evidencia-se a relação entre estes dois requisitos, havendo a necessidade de atentar para ambos ao mesmo tempo.

A esquadria destaca-se como importante fator com a necessidade de atender estes requisitos. Faz-se necessário analisar aspectos como material utilizado, tamanho, forma de abertura, fachada a ser colocada de forma que possa promover o equilíbrio entre o conforto lumínico e térmico.

É importante salientar que o conforto lumínico e o térmico devem ser considerados em conjunto na concepção do projeto de arquitetura. Esta visão integrada torna possível o bom desempenho para estes dois requisitos ao mesmo tempo que proporciona conforto ao usuário e promove o menor consumo de energia, contribuindo também para o meio ambiente (LAMBERTS *et al.*,2014).

A norma de Desempenho apresenta na parte 1, capítulo 13.2, para o requisito de iluminação natural duas formas de determinação, através de ensaio *in loco* e através da simulação computacional.

2.4.1 Ensaio *in loco*

Para atender aos requisitos mínimos de iluminação natural a obra necessita estar na fase final, com acabamento do piso, parede e teto concluídos, sem nenhum móvel na habitação ou ambientação realizada. Desta forma, caso algum cômodo venha apresentar, no ensaio, o valor abaixo do exigido, soluções precisam ser verificadas com a preocupação de proporcionar o menor impacto possível seja ele econômico, técnico ou social, contudo, a depender da situação, pode não ser possível se alcançar o patamar normativo, mesmo após as intervenções.

Analogamente à simulação computacional, é exigido ensaio para desempenho mínimo apenas nas salas, quartos, copa/ cozinha e área de serviço. Para a qualificação de desempenho intermediário e superior são exigidos análise nos demais cômodos, conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Fator de luz diurna para os diferentes ambientes da habitação

DEPENDÊNCIA	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	M	I	S
Sala de estar; Dormitório; Copa/ cozinha; Área de serviço.	≥ 0,50%	≥ 0,65%	≥ 0,75%
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; garagens/ estacionamentos; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/ estacionamentos.	Não exigido	≥ 0,25%	≥ 0,35%
*Valores mínimos obrigatórios, conforme item 13.2.2 da norma.			
NOTA 1: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima(diferença máxima de 20% em qualquer dependência).			
NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.			

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013)

Porém, a análise feita pela medição *in loco* se faz com a obtenção dos níveis de iluminância determinados pelo fator de luz diurna (FLD), obtidos pela razão entre a iluminância do cômodo avaliado e a iluminância externa, coletados conforme critérios elencados na Norma.

O fator de luz diurna (FLD) é dado pela relação entre a iluminância interna e a iluminância externa à sombra, de acordo com a seguinte equação 2:

$$FLD = 100 \times \frac{E_i}{E_e} \quad (2)$$

Onde:

E_i é a iluminância no interior da dependência;

E_e é a iluminância externa à sombra.

A realização das medições devem ser feitas no plano horizontal, com o emprego de luxímetro portátil, erro máximo de $\pm 5 \%$ do valor medido, no período compreendido entre 9 h e 15 h, nas seguintes condições:

- medições em dias com cobertura de nuvens maior que 50%, sem ocorrência de precipitações;
- medições realizadas com a iluminação artificial desativada, sem a presença de obstruções opacas (janelas e cortinas abertas, portas internas abertas, sem roupas estendidas nos varais etc.);
- medições no centro geométrico dos ambientes, a 0,75 m acima do nível do piso;
- para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por casas ou sobrados, considerar todas as orientações típicas das diferentes unidades;
- para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por edifícios multipiso, considerar, além das orientações típicas, os diferentes pavimentos e as diferentes posições dos apartamentos nos andares;
- na ocasião das medições não pode haver incidência de luz solar direta sobre os luxímetros, em circunstância alguma;

A norma traz ainda algumas recomendações a respeito da observação de alguns itens para elaboração do projeto de arquitetura, bem como cuidados com os elementos de comunicação com o exterior, determinados de acordo com o que segue.

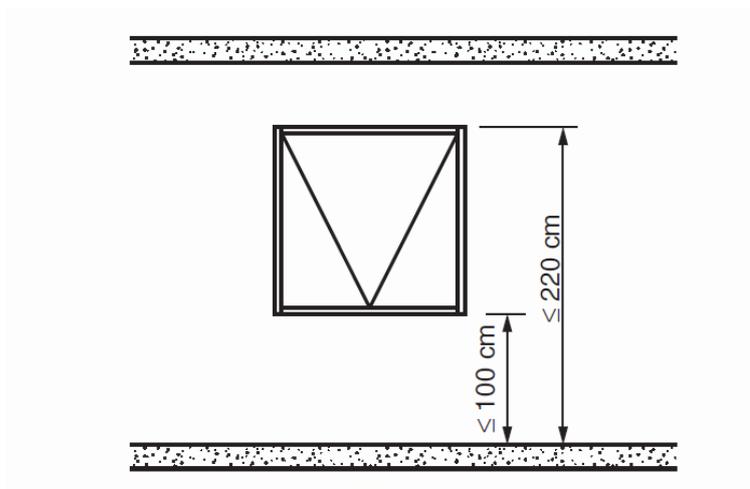
- Os requisitos de iluminância natural podem ser atendidos mediante adequada disposição dos cômodos (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos

etc.), inserção de poços de ventilação e iluminação, eventual introdução de domo de iluminação etc. Todos esses cuidados são essenciais para o melhor aproveitamento da iluminação natural bem como devem ser levados em conta quando não houver a obtenção mínima normativa. No caso de habitações já construídas, um dos primeiros elementos a ser avaliado é o acabamento, por apresentar vantagens como menor custo e baixa intervenção.

- A presença de taludes, muros, coberturas de garagens e outros obstáculos do gênero assim como 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. Deve-se, portanto, realizar a análise nos pavimentos mais baixos a fim de verificar a influência destes fatores;

Em relação a comunicação com o exterior, a norma trata que os projetos devem proporcionar que as salas de estar e dormitórios sejam contemplados com iluminação natural providos de vãos de portas ou de janelas. No caso das janelas, recomenda-se que a cota do peitoril esteja posicionada no máximo a 100 cm do piso interno, e a cota da testeira do vão no máximo a 220 cm a partir do piso interno, conforme Figura 7.

Figura 7 – Sugestão de altura de janelas



Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013).

As intervenções nos projetos para alterações nas esquadrias, por exemplo, podem interferir no desempenho de outros requisitos, especialmente o térmico e o acústico.

O ensaio *in loco* pode ser utilizado também pelo usuário que se sinta desconfortável em relação a algum requisito normativo. Neste sentido, observa-se que, no que tange ao ensaio de iluminação natural, qualquer objeto que gere sombra interfere no resultado da medição. Desta forma, o ensaio realizado pela construtora e o ensaio que um futuro usuário venha a realizar com o imóvel todo ocupado por moveis e objetos de ambientação, bem como mudança nos acabamentos, podem gerar diferenças de leitura.

É importante ressaltar que não obtendo os níveis mínimos de desempenho, intervenções no projeto devem ser adotadas com o objetivo não apenas de atender aos critérios exigidos pela norma como também evitar processos judiciais pelo seu não cumprimento. Desta forma, ressalta-se a importância da utilização da simulação computacional como método de avaliação escolhido para novos empreendimentos uma vez que, numa necessidade de intervenção, devido a não obtenção do critério mínimo normativo exigido quanto aos níveis de iluminação natural, proporciona maiores opções de alteração de projeto e menor custo.

Além do ensaio *in loco*, a outra forma normativa de medir a iluminância de determinado de uma edificação residencial se faz através de ensaio simulação computacional, utilizando-se de softwares.

2.4.2 Simulação computacional

A simulação computacional é feita utilizando softwares específicos para este requisito. Eles devem proporcionar o maior número possível de detalhamento da edificação e seu entorno em conformidade com o modelo real como especificações de acabamento, transmitância de luz, grau de reflexão dos objetos, além dos fatores externos como condições de céu e edificações que possam incidir sombra sobre as edificações simuladas.

Os aplicativos de simulação computacional da iluminação natural, em sua maioria, estimam a fonte luminosa através de modelos de céu padrão², que representa as condições médias de disponibilidade de luz, o que pode proporcionar discrepâncias entre valores teóricos e experimentais obtidos com céu real.

Fatores como fenômenos meteorológicos, sazonais e geométricos, que variam conforme o tempo, caracterizam uma complexa composição da iluminação produzida pelo céu. Por este motivo tem-se utilizado a distribuição da luminância da abóbada celeste a partir dos chamados modelos de céu, nos aplicativos de simulação de luz natural em edificações. (CIE, 1994; LITTLEFAIR, 1981; ISO, 2003; MARDALJEVIC, 2006; PERRAUDEAU, 1988. apud PEREIRA et al., 2008)

Uma pesquisa on-line compreendendo 27 países e em sua maioria por usuários do Canadá (20%), EUA (20%) e Alemanha (12%) foi realizada por Reinhart e Fitz (2006) e mostra que 91% do total de 185 profissionais fazem uso da simulação computacional para iluminação natural, 9% não utilizam ou por falta de informação ou por não receberem adicionalmente pelo serviço. Na pesquisa foi identificado que os profissionais acreditam que os programas proporcionam resultados precisos.

Por outro lado, se acontece alguma discrepância com os resultados, deve-se ao fato da falta de precisão na descrição dos cenários, características das propriedades óticas dos materiais e limitações dos algoritmos matemáticos, porém o principal aspecto encontra-se na descrição da fonte de luz que se caracteriza por dois fatores: abóbada celeste e entorno (podendo ser natural ou edificado) (PEREIRA et al, 2008). O resultado da pesquisa realizada por estes autores identificaram um percentual de contribuição média de 26% de relevância da influência entorno na iluminação natural de uma edificação, produzida pelas aberturas laterais.

Verifica-se que a vantagem da realização da simulação através de programas se deve principalmente a possibilidade de alteração do projeto sem que esta cause maiores danos, sobretudo àqueles relacionados ao custo. Desta forma, a Norma de

² Céu padrão: também chamado céu médio. Àquele com sol e 50% de nuvens.

Desempenho evidencia a importância da fase de projeto e a responsabilidade dos profissionais envolvidos.

Contando unicamente com iluminação natural, os níveis gerais de iluminância nas diferentes dependências das construções habitacionais devem atender ao disposto na Tabela 2, retirada do anexo E, da Norma, na qual contém recomendações de níveis mínimos, intermediários e superior de desempenho, no uso do enquadramento de qualificação da edificação. Porém, salienta-se que com o atendimento mínimo exigido a unidade habitacional já se encontra nos padrões normativos. Observa-se ainda na tabela 2 que, para avaliação do requisito mínimo, é exigido que seja realizado ensaio apenas nos cômodos: sala de estar, dormitórios, copa/cozinha e área de serviço., visto que estes ambientes são locais onde as pessoas passam a maior parte do tempo ao mesmo tempo que onde se desenvolvem as tarefas mais importantes da residência. Para a qualificação com níveis de desempenho intermediário e superior, deve-se realizar medições, além dos ambientes para desempenho mínimo, os seguintes: banheiro, corredor ou escada interna à unidade, corredor de uso comum (prédios), escadarias de uso comum (prédios) e garagens/ estacionamentos.

Tabela 2 - Níveis de iluminação natural

DEPENDÊNCIA	Iluminamento geral para os níveis de desempenho lux		
	M	I	S
Sala de estar; Dormitório; Copa/ cozinha; Área de serviço.	≥ 60	≥ 90	≥ 120
Banheiro; Corredor ou escada interna à unidade; garagens/ estacionamentos; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens/ estacionamentos.	Não exigido	≥ 30	≥ 45
*Valores mínimos obrigatórios, conforme item 13.2.1 da norma.			
NOTA 1: Para os edifícios multipiso, admitem-se para as dependências situadas no pavimento térreo ou em pavimentos abaixo da cota da rua níveis de iluminância ligeiramente inferiores aos valores especificados na tabela acima(diferença máxima de 20% em qualquer dependência).			
NOTA 2: Os critérios desta Tabela não se aplicam às áreas confinadas ou que não tenham iluminação natural.			
NOTA 3: Deve-se verificar e atender as condições mínimas exigidas pela legislação local.			

Fonte: NBR 15575 (ABNT, 2013).

As simulações são definidas, para o plano horizontal, em períodos da manhã (9:30 h) e da tarde (15:30 h), respectivamente, para os dias 23 de abril e 23 de outubro e sua avaliação devem ser realizadas com emprego do algoritmo apresentado na ABNT NBR 15215-3 (ABNT, 2013), atendendo às seguintes condições:

- Considerar a latitude e a longitude do local da obra, supor dias com nebulosidade média (índice de nuvens 50 %);
- supor desativada a iluminação artificial, sem a presença de obstruções opacas (janelas e cortinas abertas, portas internas abertas, sem roupas estendidas nos varais etc.);

- simulações para o centro dos ambientes, na altura de 0,75 m acima do nível do piso;
- para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por casas ou sobrados, considerar todas as orientações típicas das diferentes unidades;
- para o caso de conjuntos habitacionais constituídos por edifícios multipiso, considerar, além das orientações típicas, os diferentes pavimentos e as diferentes posições dos apartamentos nos andares;
- em qualquer circunstância, considerar os eventuais sombreamentos resultantes de edificações vizinhas, taludes, muros e outros possíveis anteparos, desde que se conheçam o local e as condições de implantação da obra.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

O presente trabalho de pesquisa tem caráter experimental, realizado a partir de análises de desempenho lumínico em uma edificação de grande porte (28 pavimentos), localizada na Região Metropolitana do Recife, na qual foram realizadas simultaneamente, simulação computacional e coletas de dados em campo. Para a concretização deste estudo optou-se pela execução dos dois métodos estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013): o ensaio *in loco* e a simulação computacional.

O ensaio *in loco* foi realizado atendendo as recomendações normativas e com algumas adaptações, a fim de avaliar a influência das variáveis a serem estudadas.

Como exemplo, pode-se citar o intervalo para execução do ensaio. Permite-se que seja realizado das nove da manhã às três horas da tarde, perfazendo um intervalo de seis horas. Neste estudo foram realizados ensaios de hora em hora, durante o intervalo determinado pela referida norma, durante quatro dias seguidos.

As medições foram realizadas em 4 apartamentos (101, 102, 201 e 202), sendo dois no primeiro pavimento tipo e dois no segundo pavimento tipo, distribuídos em oito cômodos por apartamento, nos dias 22, 23, 24 e 25 de maio de 2018, por seis horas diárias, totalizando 768 medições.

Conforme recomendação normativa, os elementos externos não devem interferir no critério de avaliação da iluminação. Analisando por este prisma, a melhor escolha será a que tiver maiores fatores de influência, que são os pavimentos térreos. No estudo em questão, os maios próximos ao solo. De maneira que caso e as unidades apresentem os critérios mínimos exigidos, as outras unidades, com menor influência, certamente também apresentarão. Os cômodos avaliados foram os preconizados em norma para classificação de desempenho mínimo.

A simulação computacional foi realizada nos dias 23 de abril e 23 de outubro, conforme descrito na NBR 15575. Além disso, foram feitas simulações utilizando como fator de inserção no software os mesmos dias de realização dos ensaios *in*

loco (22/05/2018, 23/05/2018, 24/05/2018 e 25/05/2018) utilizando três horários para cada dia (9h e 30 min, 12h e 30min e 15h e 30 min), objetivando realizar análise comparativa com os resultados obtidos no ensaio de campo.

3.1 Variáveis de estudo

Muitas são as variáveis que compõem a iluminação do ambiente. Fatores que contribuem para maior ou menor iluminância devem ser levados em consideração quando da concepção de um projeto.

Diante disto, e sabendo que existem inúmeras variáveis que influenciam diretamente no resultado do ensaio de campo, optou-se por avaliar algumas delas, conforme a seguir:

3.1.1 Horário de realização do ensaio *in loco*

É permitido realizar o ensaio durante seis horas do dia, o intervalo normatizado é das 9h as 15h. Um intervalo tão extenso traz em si uma grande variação da intensidade solar que incide sobre a edificação. Desta forma, considera-se essencial observar a influência do horário do dia na qual o ensaio é realizado, razão pela qual foram efetuadas coletas em todos os cômodos, a cada hora, entre 9h e 15h, totalizando 48 medições diárias por apartamento.

3.1.2 Posição da unidade habitacional

O fato de um imóvel ficar voltado para determinada posição (nascente x poente) pode ocasionar variação na quantidade e luz que chega ao interior de determinados cômodos. Em face disso, foram realizadas análises em dois apartamentos por andar, em dois pavimentos distintos (os dois primeiros).

3.1.3 Revestimento

É sabido que ambientes com cores claras e/ ou revestimentos cujos níveis de refletância seja maior, como é o caso de revestimentos cerâmicos, proporciona um ambiente mais iluminado. Vale salientar que a Norma 15575 (ABNT, 2013) recomenda que o ensaio seja realizado na fase final da obra com a edificação

devidamente revestida no piso, parede e teto. Por este fato, também aplicadas coletas em apartamentos com e sem revestimento (piso, parede e teto).

3.2 Descrição do empreendimento

O empreendimento adotado para realização do estudo encontra-se localizado na Região Metropolitana do Recife. Trata-se de um edifício residencial de múltiplos apartamentos, composto por duas torres (A e B), sendo os 03 (três) primeiros pavimentos compostos por garagem e área de lazer, mais 25 (vinte e cinco) pavimentos tipo com dois apartamentos por andar. O prédio está representado conforme Figura 8.

Figura 8 – Edifício Residencial Avaliado

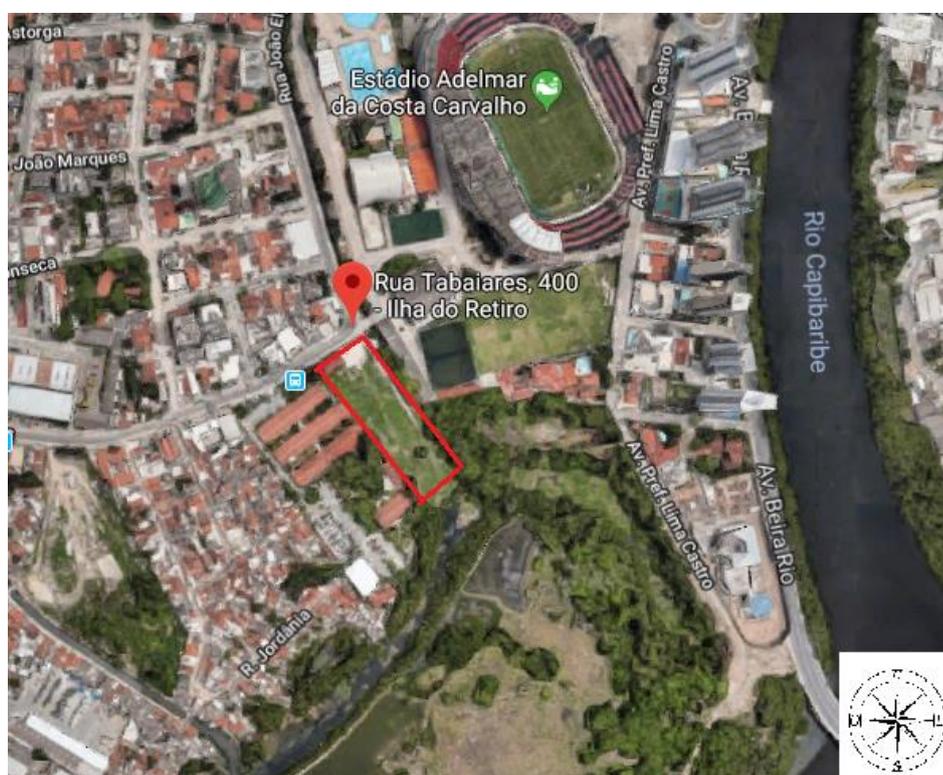


Fonte: material de divulgação do empreendimento

Construído num terreno de esquina (Figura 5), o edifício possui localização privilegiada no tocante ao recebimento da iluminação natural, pois confronta aos fundos com um terreno sem construções, coberto por vegetação rasteira e árvores de médio porte e é cortado por um braço do rio Capibaribe e vegetação de mangue; confronta-se na lateral esquerda com um prédio público formado por várias

construções térreas; a sua frente limita-se com uma avenida margeada por construções térreas (máximo seis metros de altura); na lateral direita, limita-se com uma rua projetada e, após a rua, um estádio de futebol bem distante do prédio em análise. Portanto, quanto à localização, o edifício analisado possui total vantagem no tocante à iluminação natural, uma vez que não sofre influência de quase nenhuma sombra. Apenas a outra torre do empreendimento (torre B) gera sombra sobre a torre estudada (torre A), porém tal influência é insignificante devido à posição e distância entre elas, conforme se pode observar na Figura 9.

Figura 9 – Planta de situação



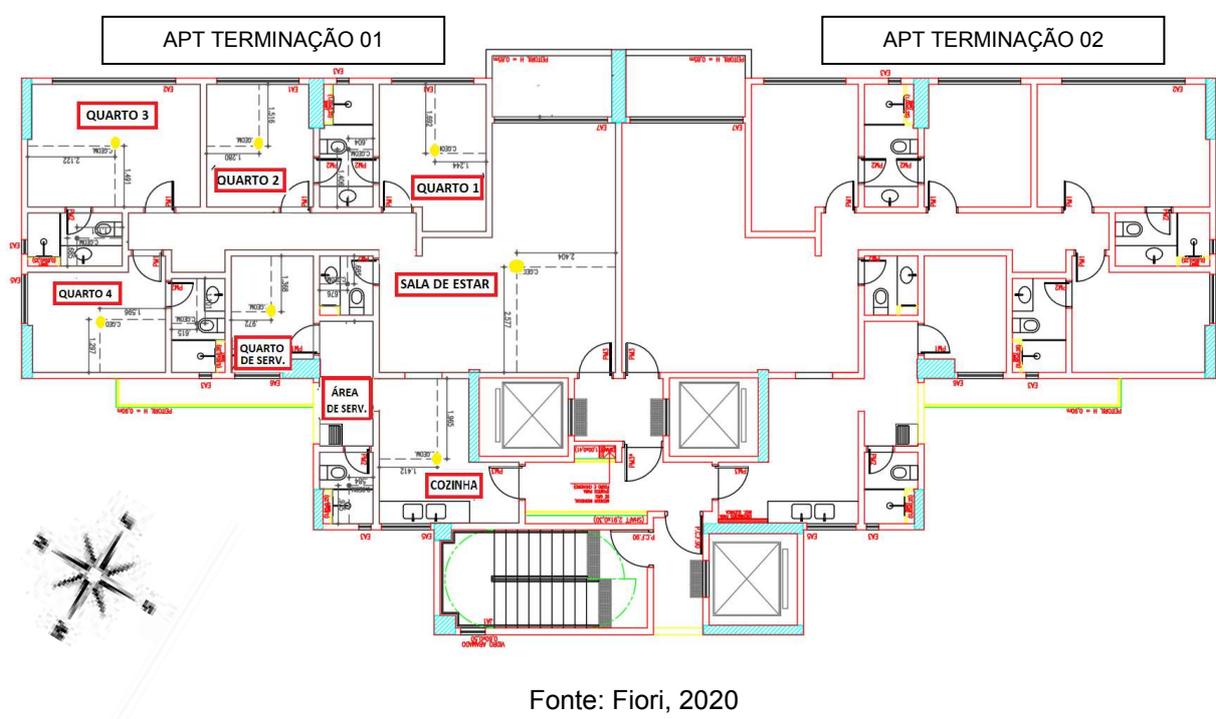
Fonte: google maps

Conforme preconiza a norma NBR 15575 (2013), deve-se realizar o ensaio no pavimento mais baixo da edificação, uma vez que são os mais suscetíveis a incidência de sombras e, conseqüentemente, as menos favorecidas pela entrada de luz natural. Optou-se então por estudar os apartamentos tipo dos dois primeiros pavimentos. Cada pavimento é composto por duas unidades de terminação 01 e 02, foram avaliados, portanto, os apartamentos 101, 102, 201 e 202, totalizando quatro

unidades, da torre A, que é a torre que fica mais próxima a rua. Cada unidade possui 130,00m² de área.

A Figura 10 mostra a planta baixa do edifício onde se observa a disposição, geometria e posição em relação ao sol de todos os cômodos dos apartamentos. Nota-se, em amarelo, a marcação dos centros geométricos dos ambientes que foram os pontos de coleta do ensaio.

Figura 10 - Planta Baixa – Pavimento Tipo



Fonte: Fiori, 2020

O apartamento é composto pelos seguintes cômodos: uma varanda, uma sala de estar/ jantar, quatro quartos, sendo todos suítes, um lavabo, uma cozinha, uma área de serviço e quarto de serviço com banheiro de serviço, representados na planta baixa do pavimento tipo. Foram avaliados os seguintes cômodos: sala estar/ jantar, todos os quartos, cozinha e área de serviço. Estes são os cômodos exigidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013) para a classificação mínima de desempenho lumínico de um imóvel. Para outras classificações pela normativa, faz-se necessário o ensaio em outros cômodos conforme mostram as Tabela 1 (para ensaio *in loco*) e Tabela 2 (simulação computacional). Este estudo limitou-se a classificação mínima,

analisando a sala de estar/jantar, todos os quartos, cozinha e área de serviço de cada apartamento. Na Figura 11, observa-se a planta baixa decorada de um apartamento, podendo apreciar mais detalhadamente a disposição dos cômodos e suas características.

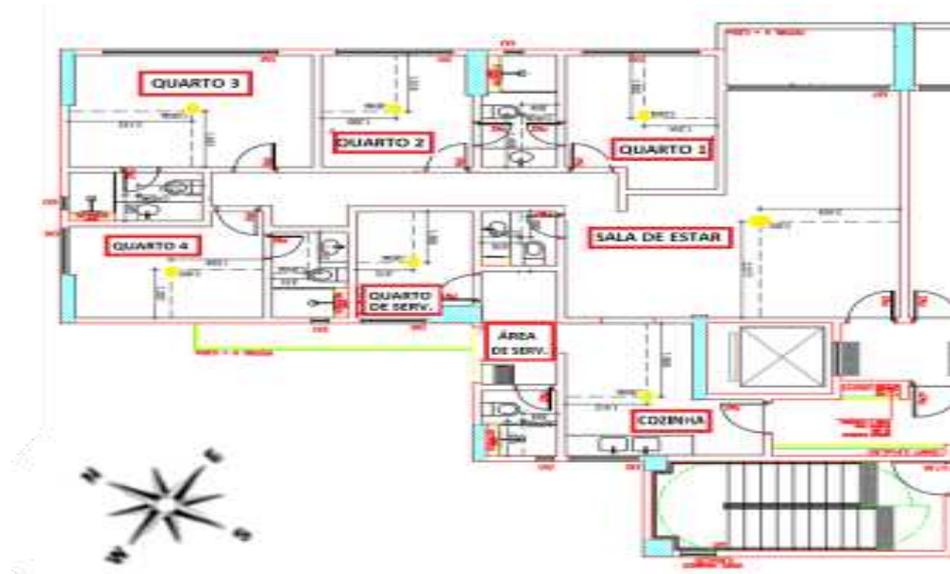
Figura 11 - Planta Decorada da Unidade de Terminação 02



Fonte: material de divulgação da construtora

Observa-se que a sala de estar/ jantar e a cozinha apresentam formato em “L” e os demais cômodos são todos retangulares. Os centros geométricos de cada cômodo foram marcados em planta e no local, nos pontos de coleta do ensaio. Pode-se observar esta marcação através de pontos amarelos, conforme Figura 12.

Figura 12 – Centros geométricos dos cômodos medidos



Fonte: Fiori, 2020

3.3 Análises realizadas

3.3.1 Ensaio *in loco*

O ensaio *in loco* consiste em realizar uma coleta com luxímetro para medir a iluminância de ambientes internos e externos.

Para realizar a leitura, ao iniciar a execução das coletas de dados, com as primeiras utilizações do luxímetro, observou-se uma extrema sensibilidade do aparelho. Ficou claro que qualquer sombra e qualquer movimento, por mais suave que seja, influencia de forma consistente na leitura realizada.

Na realização do ensaio propriamente dito, primeiro marca-se o centro geométrico de cada cômodo avaliado. Em cima do centro geométrico, mede-se a altura de 75 centímetros do piso, coloca-se o luxímetro (Figura 8) e faz a medição do valor da iluminância em todos os ambientes internos desejado. Para completar a avaliação é realizada coleta em uma área externa (varanda, por exemplo) de forma que não permita incidência direta do sol (sombreada), valor que será adotado como

referência (iluminância externa – E_e). A Figura 13 apresenta a marcação do piso de um dos cômodos avaliados no ensaio.

Figura 13 - Posição do centro geométrico materializado no chão com fita adesiva.



Fonte: Fiori, 2020

Após a coleta dos dados encontra-se o valor do Fator de Luz Diurna (FLD) dividindo os valores internos (E_i) de cada cômodo pelo externo (E_e) e multiplicando este resultado por 100, para cálculo em percentual (Eq 2). Após este procedimento, compara-se com critérios normativos para saber a classificação de desempenho de cada cômodo, nível de desempenho inferior, médio, superior, ou ainda insuficiente, no caso de não atingir o mínimo exigido.

Um dos pontos críticos é a extensão do intervalo de medição determinado. O presente estudo foi feito com uma medição em cada ponto de coleta a cada hora, dentro do intervalo determinado pela norma, de 9h às 15h, podendo ser realizado a qualquer momento desde que dentro deste horário. No estudo foi realizada uma coleta de 9 horas às 10 horas, outra de 10 horas às 11 horas, sucessivamente, até o

ultimo intervalo que foi das 14 horas às 15 horas. Tais medições foram feitas em todos os pontos de coleta de todas as unidades habitacionais estudadas. Como são oito cômodos por apartamento, obtém-se dezesseis pontos por pavimento, feitos em três pavimentos, o que gera 32 pontos de coleta a cada intervalo de hora, totalizando 192 dados por dia. Esta operação foi repetida por quatro dias seguidos, do dia 22 de maio de 2018 ao dia 25 de maio de 2018, que resultou em 768 valores coletados.

O luxímetro digital é composto por um sensor que deve permanecer apontado para o cômodo sem nenhuma incidência de sombra ou luz direta e um leitor (Figura 14), que funciona à base de pilha. Para garantir o perfeito funcionamento do aparelho, este deve estar devidamente calibrado, conforme Figura 15. Ainda por recomendação da norma, deve-se deixar o luxímetro parado alguns segundos antes de cada medição, a fim de que o mesmo se estabilize, devido à sensibilidade do sensor. Esta estabilização depende que o mesmo esteja totalmente imóvel, o que não está detalhado no procedimento normativo.

Figura 14 – Luxímetro Digital



Fonte: Fiori, 2020

Figura 15 - Calibração do Luxímetro



Fonte: autora

Na Figura 16 percebem-se as condições de variação na qual a instabilidade do aparelho apresenta. Da esquerda pra direita, observam-se as seguintes leituras: 1269, 1317, 837. Salienta-se que as três fotos foram tiradas nesta sequência, no mesmo ponto de coleta e com diferença de alguns segundos de uma pra outra (apenas o tempo para mudar a posição e tirar a foto). Verifica-se que do valor máximo para o mínimo registrado a diferença é de 480 lux, o que corresponde a um percentual de aproximadamente 57%, que ocorre mesmo com a base de apoio que reduz a instabilidade do aparelho.

Figura 16 - Sequencia de posições do leitor do luxímetro



Fonte: Fiori, 2020

Fatores como a proximidade com o operador, sensibilidade do aparelho aliada a instabilidade proporcionada por segurar o aparelho na mão foram observados como extremamente relevantes na influência dos valores dos dados medidos. Tornou-se necessário dirimir ao mínimo possível essas influências e como alternativa foi pensado numa base de apoio para o luxímetro, onde permitiria que o aparelho ficasse estável, na horizontal, ao mesmo tempo em que tornaria possível o afastamento do operador no momento da coleta, contemplando a redução desses fatores intervenção.

Pensando neste ponto de imprecisão, optou-se por deixar o aparelho de medição sobre um anteparo. Foi desenvolvido então uma espécie de pedestal, construído em madeira, com 75 centímetros de altura, do piso ao apoio superior (vide Figura 17). Tal aparelho foi de extrema importância na redução da variação do valor da iluminância coletada, proporcionou melhor estabilização do leitor do aparelho, menor incidência de sombra humana, garantiu a altura correta para leitura dos dados e agilidade no processo de medição, uma vez que não se fez necessária a medição com trena a cada coleta.

Figura 17 – Suporte para Luxímetro



Fonte: Fiori, 2020

O apartamento 102 estava sem o acabamento do piso e teto, inclusive sem forro de gesso, tendo sido cordado com o proprietário para ser entregue apenas no contrapiso e na laje, ou seja, sem os acabamentos de piso e teto. Apenas as paredes estavam todas pintadas com tinta PVA branca, conforme se observa Figura 18 a imagem representativa da cozinha do referido apartamento, sem cerâmica e sem forro.

Figura 18 – Apartamento 102 – Cozinha



Fonte: Fiori, 2020

A Figura 19 mostra a cozinha do apartamento 101. Este, por sua vez, possui o acabamento completo no piso (cerâmica branca), paredes (cerâmica branca) e teto (forro de gesso pintado com tinta pva branco).

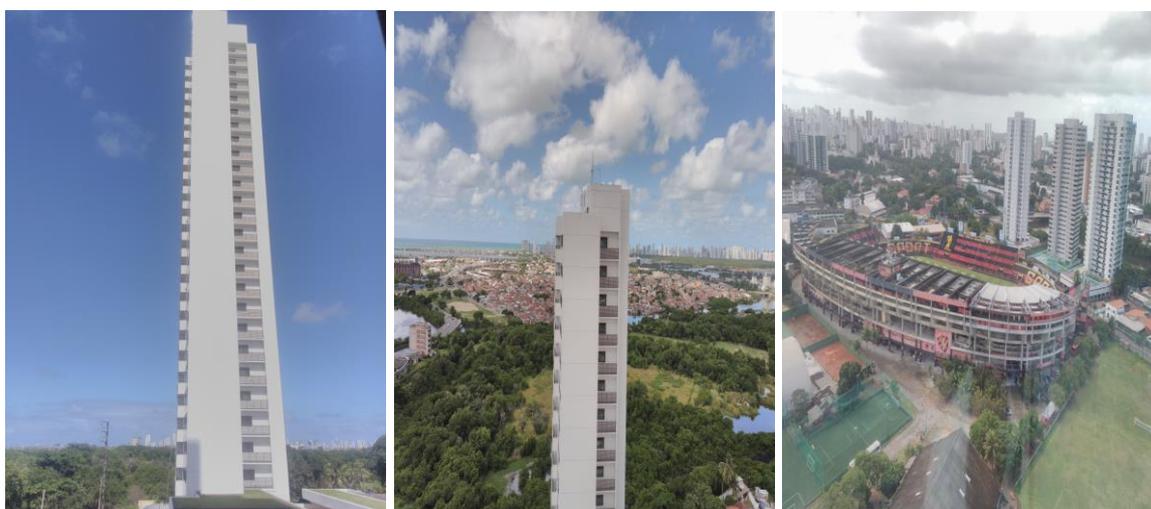
Figura 19 – Apartamento 101 – Cozinha



Fonte: Fiori, 2020

Durante o ensaio de campo (22 a 25 de maio/2018), verificou-se que a coleta se realizou sob condições variadas de céu durante os dias como no caso do dia 25 de maio, quando as condições de tempo variaram de sol com nuvens a totalmente nublado. Pode-se perceber esta condição na Figura 20 na qual se tem, da esquerda pra direita, o céu praticamente sem nuvens e bastante ensolarado; após, tem-se um céu com presença de várias nuvens porém a predominância do sole por fim um céu bastante nublado embora não esteja chovendo.

Figura 20– Condições de tempo em alguns dias do ensaio



Fonte: Fiori, 2020

3.3.2 Simulação Computacional

A outra parte do estudo consistiu na realização da simulação computacional dos apartamentos.

Foram realizadas duas simulações: uma conforme descrito na norma, que determina dia e hora para ser colocado no sistema, 23 de abril às 9 horas e 30 minutos e 23 de outubro às 15 horas e 30 minutos. A outra foi uma simulação para os dias de coleta de dados, de 22/05/2018 a 25/05/2018. Ambas simulações foram realizadas e comparadas com os ensaios de campo. A primeira, conforme norma, foi comparada com todos os dias do ensaio, com resultados mais genéricos, uma vez que a simulação é representativa. A segunda é mais específica e visou verificar a simulação de forma pontual, avaliando cada fator de influencia estudado.

O software utilizado foi o DialuxEvo, um programa de livre acesso, utilizado para projetos de luminotécnica, na qual seus comandos foram adaptados para simulação da situação conforme o ensaio.

O programa atende bem às necessidades da simulação, pois se pode importar os arquivos feitos no programa Autocad. Após a importação das plantas necessárias para desenhar o empreendimento com seus limites, e os apartamentos com todos os cômodos, colocam-se os respectivos revestimento nos pisos, paredes e teto, tanto externos como internos, além das características de alguns elementos construtivos como esquadrias e vidros, sendo possível definir seu grau de translucidez e reflexão. Quanto mais próximo do real, menor possibilidade de erro.

Além disso, alimenta-se o programa com dados geográficos do local do empreendimento tais como: coordenadas geográficas do terreno; condições de céu, na qual o programa fornece quatro opções de modelo de céu: sem luz do dia, céu claro (poucas nuvens), céu médio (50% de nuvens) e céu encoberto (todo ou coberto por nuvens) e a norma determina que o modelo utilizado seja “céu médio”, norte magnético, dia e hora.

Como a incidência da sombra, seja de construções como de obstáculos naturais, influência diretamente nas condições de iluminação, todo elemento que possa incidir sombra deve ser considerado, desenhando-se todas as construções no entorno, incluindo muros, guaritas, prédios vizinhos, árvores etc. No estudo em questão o único elemento que causa uma sombra mínima é a torre B, a qual foi considerada com sua altura e revestimento correspondente. A Figura 21 mostra o empreendimento em 3D desenhado no DialuxEvo.

Figura 21 - Empreendimento em 3D – torres A e B



Fonte: Fiori, 2020

Como o apartamento 102 estava sem o acabamento do piso e teto, inclusive sem forro de gesso, esta situação foi representada na simulação com a não inclusão de cerâmica no piso nem pintura do teto. O resultado pode ser observado pela Figura 22 onde, apenas visualmente, observa-se nitidamente a diferença de iluminação entre as duas unidades, o que demonstra a influência do acabamento (melhor detalhado no capítulo de resultados).

Figura 22– Primeiro pavimento tipo após simulação



Fonte: Fiori, 2020

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Apresentação geral dos resultados

Para um melhor entendimento, a apresentação e análise dos resultados serão divididas conforme os diferentes fatores de influência julgados importantes no estudo. A tabela 3 mostra um resumo das condições das unidades habitacionais ensaiadas de acordo com os fatores analisados no ensaio e na simulação computacional.

Tabela 3 - Condições das unidades habitacionais

CONDIÇÕES DAS UNIDADES HABITACIONAIS						
	PAVIMENTO	CÔMODO	POSIÇÃO	ACABAMENTO		
				piso	parede	teto
101	1	sala estar/jantar	nascente	com	com	com
	1	Quarto 1	nascente	com	com	com
	1	Quarto 2	nascente	com	com	com
	1	Quarto 3	nascente	com	com	com
	1	cozinha	poente	com	com	com
	1	area serviço	poente	com	com	com
	1	quarto serviço	poente	com	com	com
	1	Quarto 4	poente	com	com	com
102	1	sala estar/jantar	nascente	sem	com	sem
	1	Quarto 1	nascente	sem	com	sem
	1	Quarto 2	nascente	sem	com	sem
	1	Quarto 3	nascente	sem	com	sem
	1	cozinha	poente	sem	sem	sem
	1	area serviço	poente	sem	sem	sem
	1	quarto serviço	poente	sem	com	sem
	1	Quarto 4	poente	sem	com	sem
201	2	sala estar/jantar	nascente	com	com	com
	2	Quarto 1	nascente	com	com	com
	2	Quarto 2	nascente	com	com	com
	2	Quarto 3	nascente	com	com	com
	2	cozinha	poente	com	com	com
	2	area serviço	poente	com	com	com
	2	quarto serviço	poente	com	com	com
	2	Quarto 4	poente	com	com	com
202	2	sala estar/jantar	nascente	com	com	com
	2	Quarto 1	nascente	com	com	com
	2	Quarto 2	nascente	com	com	com
	2	Quarto 3	nascente	com	com	com
	2	cozinha	poente	com	com	com
	2	area serviço	poente	com	com	com
	2	quarto serviço	poente	com	com	com
	2	Quarto 4	poente	com	com	com

Os resultados serão apresentados em valores típicos representativos para cada caso, tanto no ensaio *in loco* quanto na simulação computacional. Todos os outros estarão em apêndice.

4.2 Medição *in loco*

4.2.1 Influência do Horário de Coleta.

O intervalo de tempo que a norma deixa em aberto, para realização do ensaio, tem fundamental participação no resultado dos dados. O luxímetro possui um sensor bastante sensível e qualquer variação que acontece provoca reação imediata com grande variação da leitura. As condições climáticas foram anotadas a cada coleta e estão apresentadas na Tabela 4 para que se tenha uma melhor compreensão da variação dos resultados obtidos.

Tabela 4 - Condições Climáticas – ensaio *in loco*

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS - ENSAIO <i>IN LOCO</i>						
DIAS	HORÁRIOS					
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
22/05/2018	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com muitas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens
23/05/2018	ensolarado c nuvens					
24/05/2018	Sol com poucas nuvens					
25/05/2018		nublado	nublado	nublado c/ chuva	parcialmente nublado	sol com poucas nuvens

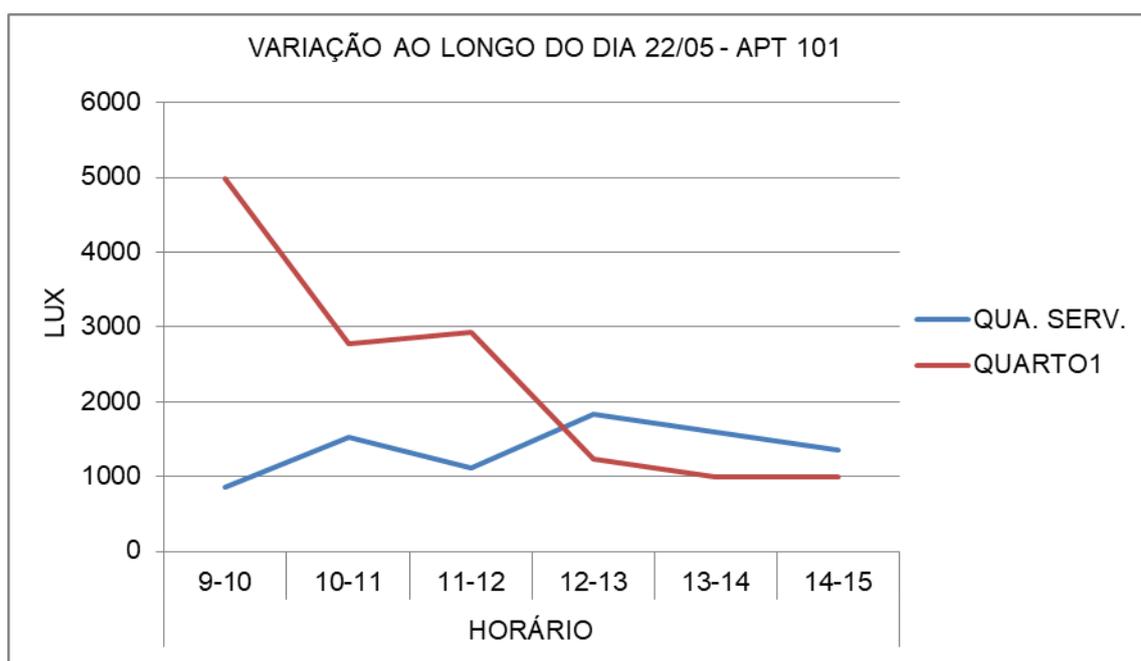
Fonte: Fiori, 2020

As tabelas apresentadas na avaliação do ensaio de campo, parte componente deste estudo, estão com valores em lux a fim de permitir comparação com a simulação computacional, porém, para efeito normativo, os valores apresentados no ensaio de campo devem mostrar o Fator de Luz Diurna (FLD). Nas Figuras 23 ate a Figura 28 são representações dos valores obtidos no apartamento

101. Os horários analisados estão em conformidade com a NBR 15575 (ABNT, 2013), que pode ser realizado das 9 horas às 15 horas.

Conforme Figura 23, observa-se a variação, em lux, de dois cômodos do apartamento 101, sendo um nascente (quarto1) e outro poente (quarto de serviço)

Figura 23 - Variação do FLD ao longo do dia 22/05/2018

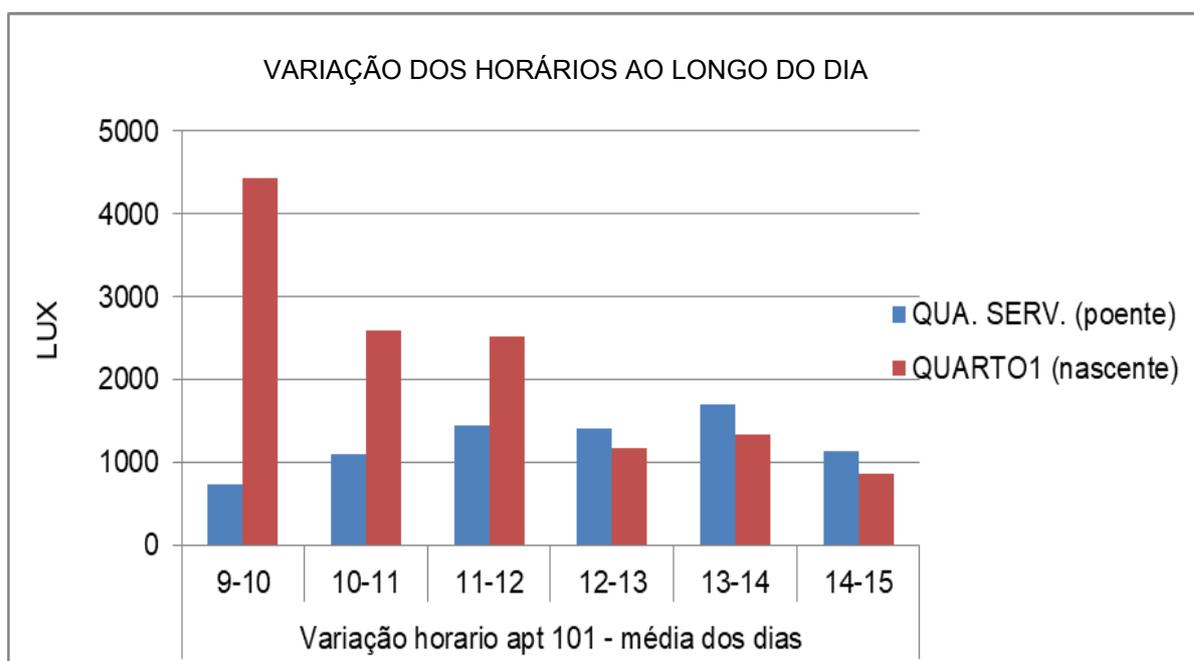


Fonte: Fiori, 2020

Percebe-se, no quarto1 (nascente), uma variação de valores de forma vultuosa, saindo, no primeiro intervalo de medição, de 5000 lux, caindo para menos de 3000 lux no horário posterior e terminando com 1000 lux no ultimo intervalo de coleta deste dia que resulta numa variação de 400 % ao longo de um dia. No outro cômodo, quarto de serviço (poente), observa-se uma variação menor ao longo do dia quando comparado ao quarto1, mesmo assim, seus valores de iluminância vão de menos de 1000 lux e ponto máximo até quase dois mil lux (observado no intervalo entre meio dia e 13 horas), dobrando ao longo do dia. Ressalta-se que, na figura 23, a variação apresentada é do dia 22 de maio de 2018, no apartamento 101.

Foi realizada a média aritmética dos valores em lux, no mesmo horário, durante os quatro dias do ensaio (22/05/2018 à 25/05/2018). A figura representativa 24 apresenta o resultado das médias, por horário, dos mesmos cômodos observados na Figura 23. Observa-se que, conforme indica a Tabela 4, houve variação nas condições climáticas durante as coletas com períodos de muito sol (ensolarado com poucas nuvens), com quantidade média de nuvens (ensolarado com nuvens) e céu encoberto (nublado).

Figura 24 - Variação média dos horários ao longo do dia



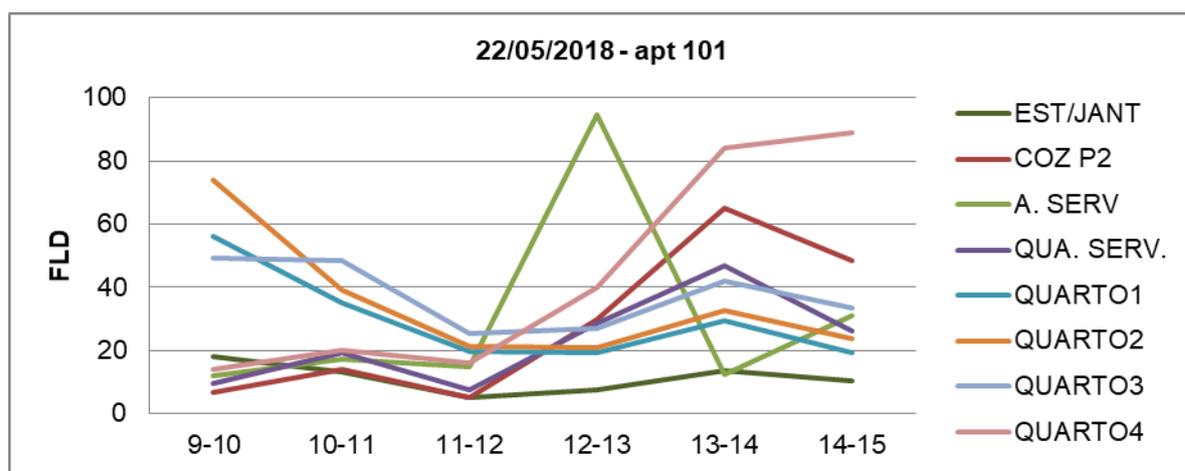
Fonte: Fiori, 2020

Numa análise comparativa entre as Figuras 23 e 24, percebe-se a mesma tendência de comportamento no que diz respeito à variação ao longo do dia. No quarto 1 a variação é maior, assim como os valores de iluminância deste cômodo. De forma inversa, o quarto de serviço apresenta menores valores e variação. Observa-se ainda que o horário onde houve menor dispersão de valores foi das 12 horas às 13 horas, com menor dispersão entre as medições dos dois cômodos em análise. Desta forma, percebe-se que a média dos quatro dias possui o mesmo comportamento do dia considerado típico (figura 23).

No Apêndice B, encontram-se os gráficos com a variação dos horários ao longo do dia para as demais unidades habitacionais ensaiadas.

Conforme determinação normativa se realizou a mesma avaliação por horário ao longo do dia, porém em Fator de Luz Diurna (FLD). A representação do apartamento 101 se encontra na Figura 25.

Figura 25 - Variação do FLD o ao longo do dia 22/05/2018

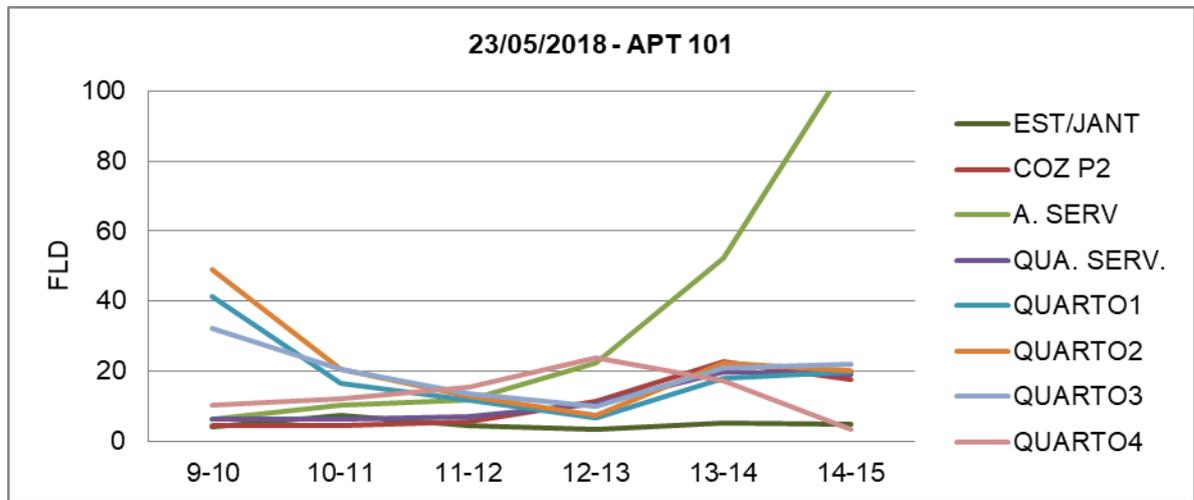


Fonte: Fiori, 2020

É notória a alta variação dos valores coletados ao longo do dia para um mesmo cômodo, no mesmo apartamento. É possível notar, nas figuras 25, 26, 27 e 28 que nos horários dos extremos (9 horas e 15 horas) mostrou-se uma tendência de maior dispersão de valores, isto é, valores de FLD mais dispersos. No entanto, os horários mais centrais dos gráficos referidos, como 11 às 12 horas, 12 às 13 horas, verifica-se que tendem a se aproximar, demonstrando maior homogeneidade no ensaio. Salienta-se que os demais dias ensaiados e as demais unidades habitacionais demonstra a mesma tendência de comportamento, e estão elencados no Apêndice B.

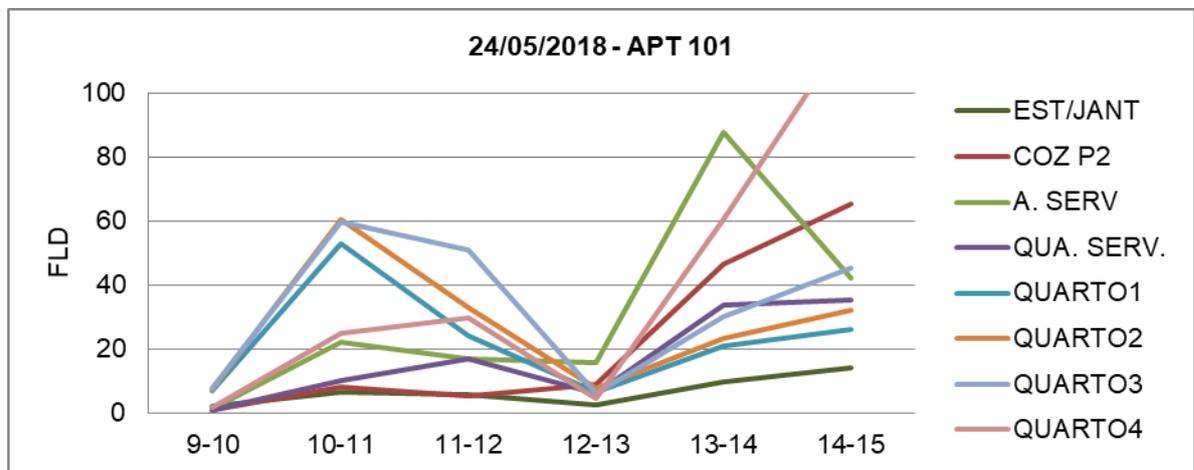
Outra tendência a ser observada é em relação a faixa mais baixa dos gráficos, ou seja, onde estão os menores valores dos FLD. Nela, pode-se perceber, que é onde acontece uma maior aproximação dos valores de FLD, isto é, menor dispersão de resultados. Nota-se uma relação entre valores menores de FLD e menor dispersão entre eles.

Figura 26 - Variação do FLD o ao longo do dia 23/05/2018



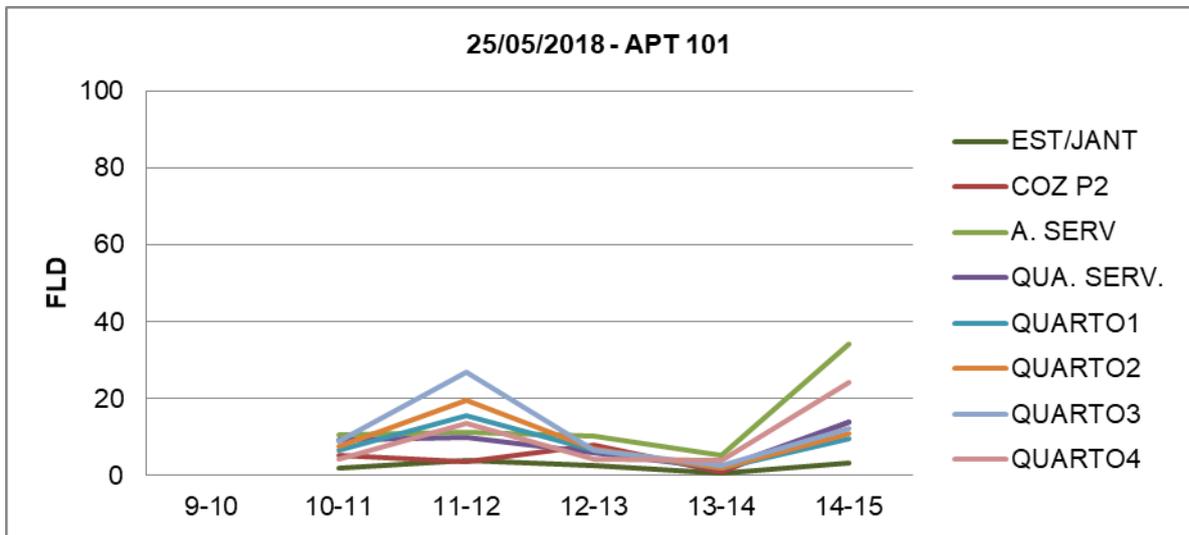
Fonte: Fiori, 2020

Figura 27 - Variação do FLD o ao longo do dia 24/05/2018



Fonte: Fiori, 2020

Figura 28 - Variação do FLD ao longo do dia 25/05/2018



Fonte: Fiori, 2020

Para uma melhor orientação, na tabela 5 é apresentado um resumo onde pode ser observada a faixa do horário avaliado que mostrou menor dispersão, isto é, menor diferença entre os valores dos FLD de todos os cômodos de um mesmo apartamento, medidos no horário em questão. Ao final verifica-se que o intervalo onde foram realizadas medições das 10 horas às 11 horas e o intervalo das 14 às 15 horas apresentam menor dispersão em um apartamento no mesmo dia, apenas uma vez. Já no intervalo das 11 horas às 12 horas este fato ocorreu quatro vezes durante as medições. De 12 horas até 13 horas ocorreu em seis dos dezesseis ensaios realizados. O próximo intervalo, das 13 horas às 14 horas, a incidência de aproximação dos FLD foi de quatro vezes. O intervalo das 9 horas às 10 horas, excepcionalmente neste dia, não teve medição. Observa-se que os horários onde as medições apresentaram maior homogeneidade de valores do Fator de Luz Diurna (FLD) foi o período que varia entre 11 horas e 14 horas, presente em 14 das 16 avaliações realizadas, ao longo do período de medições.

Tabela 5 - Horário de menor dispersão FLD ao longo do dia

		HORÁRIOS						
		APT	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
22/05	101							
	102							
	201							
	202							
23/05	101							
	102							
	201							
	202							
24/05	101							
	102							
	201							
	202							
25/05	101							
	102							
	201							
	202							

Fonte: Fiori, 2020

Observou-se que, ao longo do dia, um mesmo ponto no cômodo apresentou uma variação de até aproximadamente 7000% de diferença entre o valor mínimo coletado e o máximo no mesmo dia. Avaliou-se a situação hipotética na qual o intervalo de coleta de dados permitido ocorresse das 11 horas até às 14 horas. Esta nova situação mostra, para este mesmo dia, no mesmo apartamento uma redução percentual do maior valor de 7031 % para 758% e de 6980% para 1252%, valores ainda muito altos porém minimizados, conforme pode se observar na Tabela 6. Verifica-se, portanto uma importante redução das diferenças percentuais nos cômodos correspondentes para os dois intervalos determinados. Destaca-se que o dia escolhido foi 24, na unidade habitacional de numero 101 devido ter apresentado a maior diferença percentual entre todos os dias, num mesmo cômodo, estando os demais no Apêndice E.

Tabela 6 - Tabela Resumo – media FLD e diferença percentual ao longo do dia

DIA 24/05/2018 - APTO 101				
CÔMODO	9 H - 15H		11H - 14H	
	MÉDIA (FLD)	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÉDIA (FLD)	DIFERENÇA PERCENTUAL
EST/JANT	6,9	551%	6,1	289%
COZ P2	22,7	7031%	20,5	758%
A. SERV	31,2	5252%	40,3	458%
QUA. SERV.	17,4	2823%	19,0	447%
QUARTO1	23,1	696%	17,3	263%
QUARTO2	27,4	706%	21,4	326%
QUARTO3	33,5	848%	29,2	709%
QUARTO4	40,4	6980%	31,7	1252%

Diferença percentual: diferença entre o maior e o menor valor do FLD no intervalo de horário especificado, em percentual.

Fonte: Fiori, 2020

A mesma situação se verifica nos demais dias, nos quais se pode observar a redução da variação dos FLD no intervalo entre 11h e 14h.

Diante desta nova situação atentando apenas para este novo e reduzido intervalo, 11 às 14 horas, percebeu-se uma maior diferença percentual entre os FLD coletados, dentre todos os dias de ensaio, no apartamento 102, no dia 25 de maio, como se pode observar na Tabela 7.

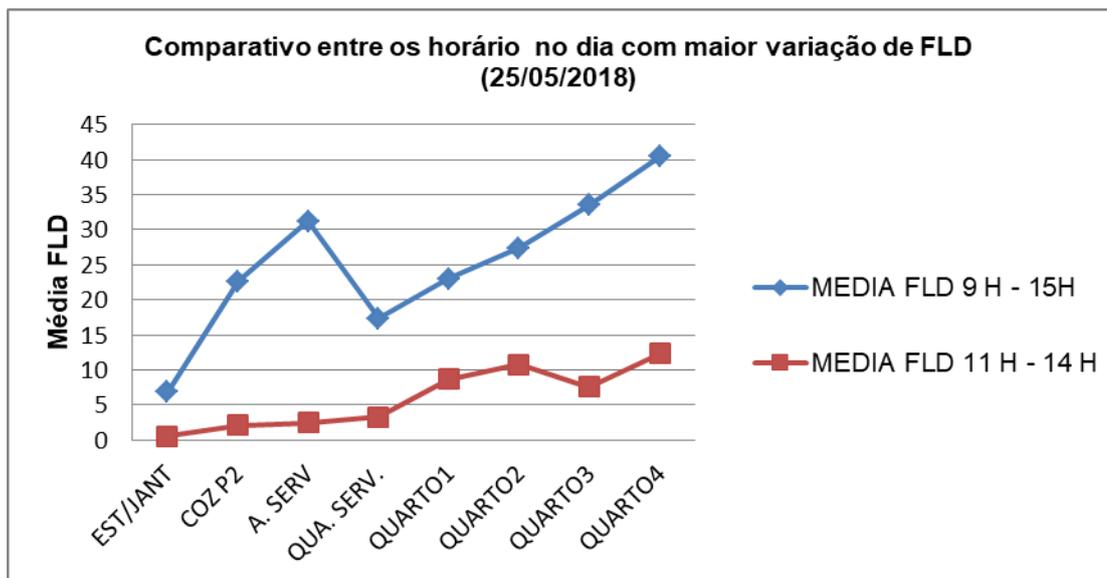
Tabela 7 - Resumo – Média FLD e diferença percentual ao longo do dia

DIA 25/05/2018 (11-14h)		
APTO 102		
CÔMODO	MÉDIA (FLD)	DIFERENÇA PERCENTUAL
EST/JANT	0,6	512%
COZ P2	2,1	384%
A. SERV	2,5	257%
QUA. SERV.	3,3	369%
QUARTO1	8,6	1191%
QUARTO2	10,8	1196%
QUARTO3	7,6	1241%
QUARTO4	12,3	3012%

Fonte: Fiori, 2020

Com a redução do intervalo para os horários das 9 horas às 11 horas, a diferença entre o maior e o menor valor de FLD diário encontrado caiu em termos percentuais de 7031 % para 3012%, ou seja, uma redução de menos da metade. O gráfico da Figura 29 realiza a comparação entre as médias de FLD das 9h às 15 h e das 11 h às 14 h, mostrando que, com a medição realizada nos intervalos centrais do dia em questão (entre 11 horas e 14 horas), não apenas as médias dos FLD diminuem como também suas variações. Percebe-se, na Figura 29, a redução da variação do FLD diário quando se considera o intervalo horário próximo ao meio dia em relação ao intervalo aceito em norma. Também se observa a queda dos valores dos FLD, que variam de zero até 15 lux, enquanto que no intervalo normativo a variação vai de 5 à 40 lux.

Figura 29 - Comparativo entre os dias com maior variação da média do FLD



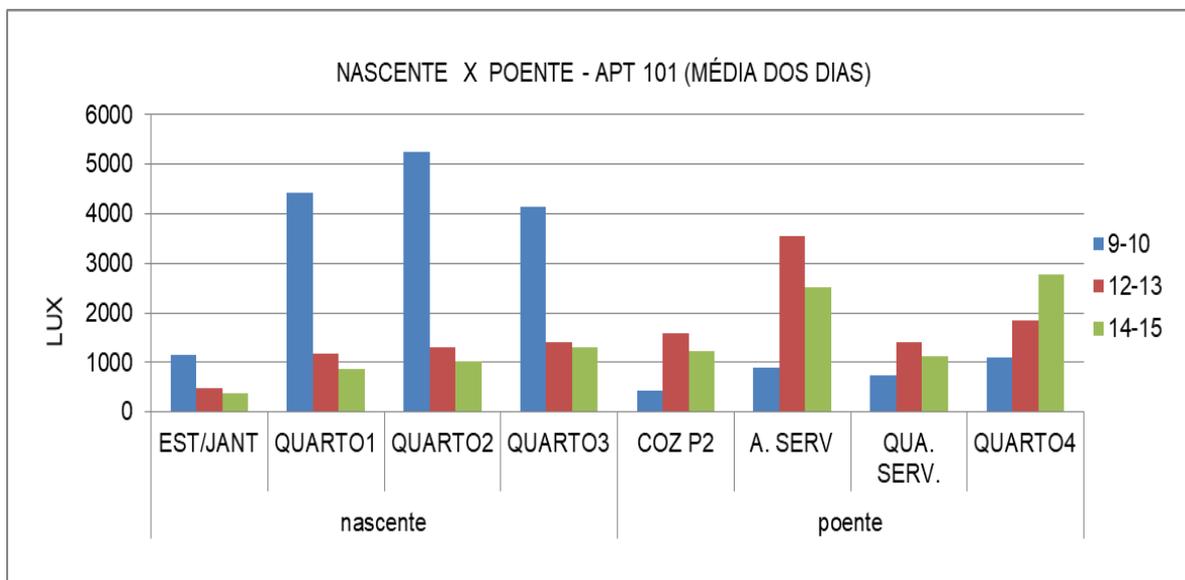
Fonte: autora

4.2.2 Influência da posição do cômodo (nascente x poente)

Ao avaliar a iluminância nos cômodos em função da sua posição em relação ao norte magnético, percebem-se algumas características típicas. As Figuras 30, 31, 32 e 33 trazem uma avaliação dos cômodos nascentes em relação aos poentes nos intervalos extremos normativos (9–10 e 14–15) e um mais central, sendo escolhido o intervalo 12-13. Para tanto foi realizada a média aritmética dos valores coletados *in*

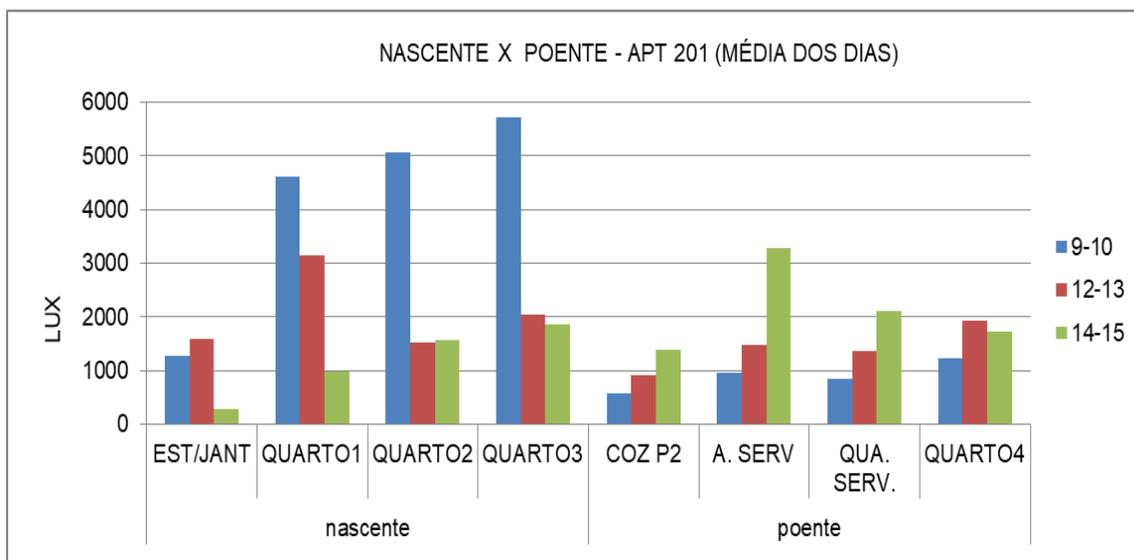
loco, em lux. A Tabela 8 apresenta um resumo da iluminância conforme posição do cômodo, medidos em lux.

Figura 30 - Apt 101 - Média das iluminâncias para todos os dias



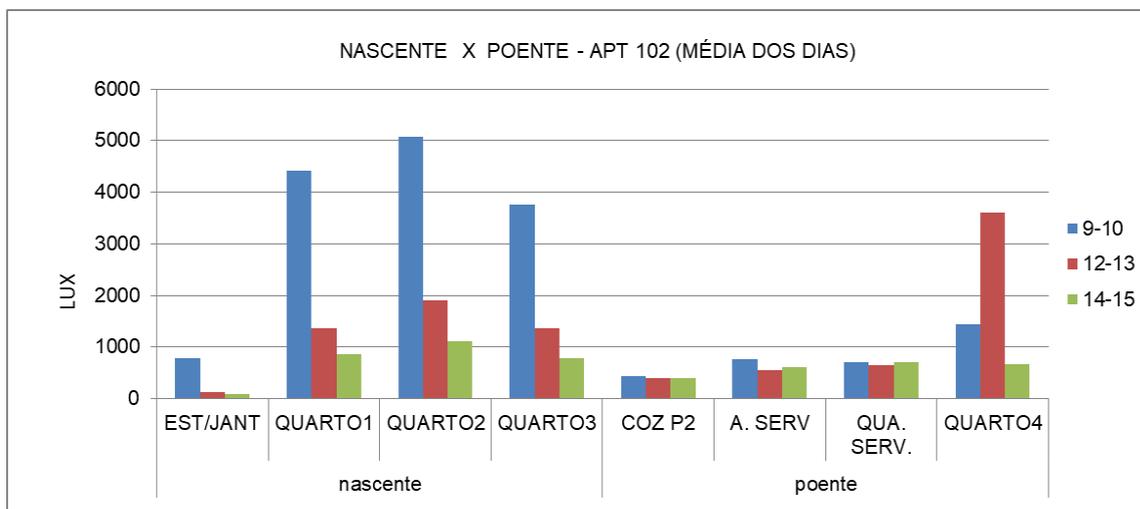
Fonte: Fiori, 2020

Figura 31 - Apt 201 Média das iluminâncias para todos os dias



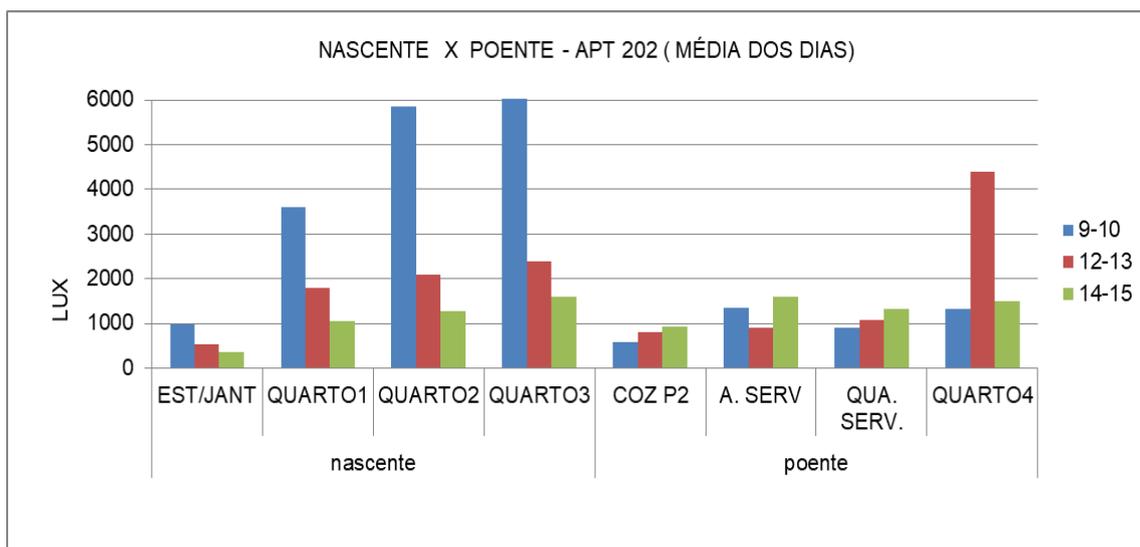
Fonte: Fiori, 2020

Figura 32 - Apt 102 Média das iluminâncias para todos os dias



Fonte: Fiori, 2020

Figura 33 - Apt 201 Média das iluminâncias para todos os dias



Fonte: Fiori, 2020

Analisando a situação da posição de cada cômodo realizada através da média aritmética em lux dos valores coletados, percebem-se as seguintes características:

- Os cômodos poentes apresentam menor variação ao longo do dia comparando-se os três intervalos;

- A cozinha foi o cômodo que apresentou menor dispersão de resultados em todas as unidades avaliadas (exceto no apt 101, ficando com este posto o quarto de serviço);
- A sala estar/jantar é o cômodo que apresentou os mais baixos valores de iluminação interna avaliado entre todos os cômodos, apesar de ser nascente;
- No geral, os maiores valores de iluminância foram obtidos nos cômodos nascentes do que nos poentes, para qualquer horário analisado;
- Os cômodos com maior iluminância são os quartos 1, 2 e 3, dentro do intervalo de tempo especificado. Observa-se que, além de nascentes, são cômodos que apresentam janelas que permitem grande entrada de luz, devido ao tamanho e contato direto com o exterior, além do formato retangular, disposto horizontalmente em relação à fachada;
- Observa-se que, entre os cômodos classificados como nascente, a sala sempre obteve as menores médias e para os classificados como poentes, a cozinha obteve as menores médias. Fatores como o formato do cômodo (quadrado, retangular, em “L”) ou posição e tamanho das esquadrias, entrada indireta da luz natural contribuem para a má distribuição de luz pelo ambiente, permitindo que o centro geométrico do ambiente, ponto de coleta, distancie-se da fonte de luz ao mesmo tempo que se aproxima das paredes, o que ocasiona sombra, baixando consideravelmente os valores em lux coletados;
- Percebe-se que o horário das 12 às 13 horas, apresenta, em sua maioria, valores medianos, ou seja, intermediários ao comparar os outros dois intervalos extremos; Demonstrando um horário bom para coleta por apresentar menores distorções.
- No ultimo horário de cada dia (14 h às 15 h), nota-se que, mesmo nos cômodos nascentes possuem iluminância maior que nos cômodos poentes;

Em geral, o esperado é que os cômodos nascentes apresentem maior iluminância pela manhã e os cômodos poentes à tarde. Porém, a Figura 31 mostra que este fato não foi uma constante, ficando os cômodos nascentes com valores até mesmo maiores que os cômodos poentes, no horário da tarde. Desta forma, percebe-se que outros fatores exercem influência direta sobre o ensaio: a forma do cômodo (retangular, em “L”), a posição do centro geográfico do cômodo (local de coleta), altura do ponto de coleta x elemento construtivos (pia da cozinha, brizes, caixa de condicionador de ar na fachada) e posição e tamanho da esquadria. Este último apresentando forte influência na obtenção dos valores da iluminância dentro dos cômodos.

4.2.3 Influência do acabamento na medição realizada *in loco*.

A norma prevê que o ensaio seja realizado com a edificação com todo seu revestimento concluído. As unidades do estudo estavam todas com a fase de acabamento concluídas, exceto o apartamento 102 que estava sem cerâmica no piso, sem forro de gesso e sem cerâmica nas paredes das áreas molhadas (cozinha e área de serviço). Esta diferença das outras unidades foi providencial, pois permitiu avaliar a influência do acabamento na iluminação dos apartamentos. Na tabela 5 está um resumo do acabamento de cada cômodo das unidades residenciais estudadas.

Na Tabela 8, obteve-se a média de todos os cômodos, de cada apartamento, em lux, a fim de realizar análise de iluminância comparativa entre as unidades habitacionais. Verifica-se que a unidade 102 obteve as menores médias diárias.

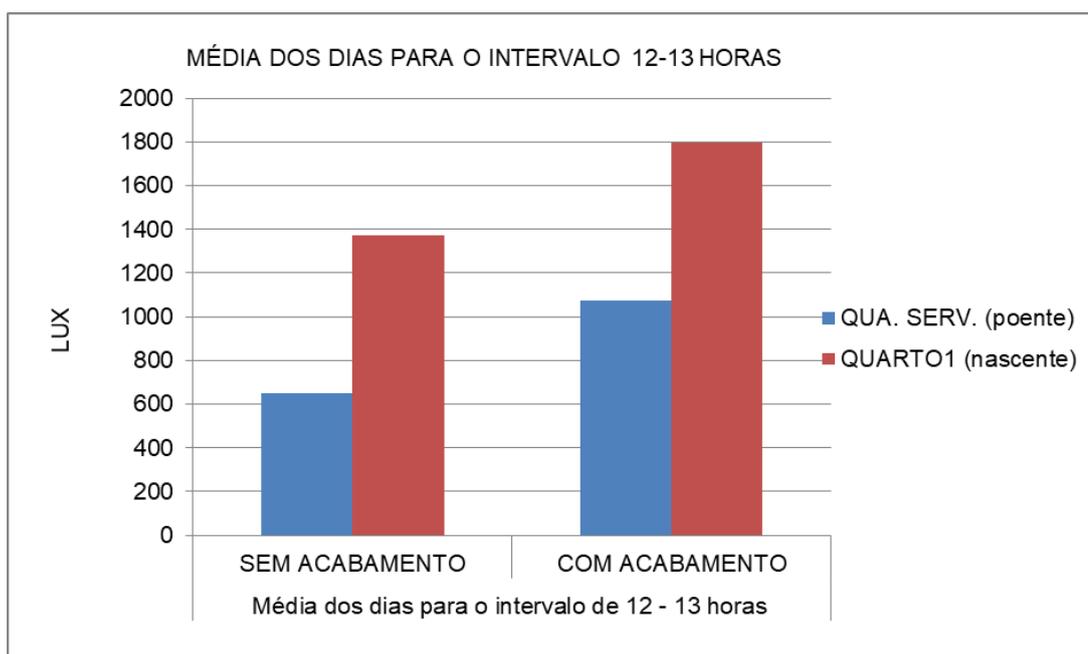
Tabela 8 - Média Diária em Lux por apartamento

	APT	MÉDIA (LUX)
22.05.2018	101	2036,38
	102	1253,23
	201	1866,48
	202	1763,46
23.05.2018	101	1667,17
	102	1144,10
	201	1958,63
	202	2001,92
24.05.2018	101	2104,29
	102	1314,88
	201	1708,42
	202	2000,56
25.05.2018	101	1263,83
	102	1007,58
	201	1973,63
	202	2363,35

Fonte: Fiori, 2020

Representativamente, avaliou-se dois cômodos das unidades 102 e 202, sendo um nascente e um poente de cada apartamento. Escolhidos desta forma para que seja comparada a unidade sem acabamento com uma com acabamento cujos cômodos estão na mesma posição. O horário escolhido para esta avaliação foi apenas o horário de 12 às 13 horas, uma vez que apresenta valores médios da quantidade de lux coletada, conforme apresentado no gráfico representativo na Figura 34. Percebe-se claramente a diferença, podendo verificar um acréscimo em torno de 30% de iluminância no quarto 01 e de aproximadamente 70% no quarto de serviço, do apartamento sem acabamento para o apartamento com acabamento.

Figura 34 - Análise acabamento 102 X 202



Fonte: Fiori, 2020

Outro fenômeno a ser considerado nesta unidade é o fato desta possuir os valores mais homogêneos e regulares ao longo do dia, ou seja, com menores picos nos gráficos, quando se trata de avaliar os cômodos por habitação.

A NBR 15575 (ABNT, 2013) preconiza que a unidade habitacional para a realização do ensaio em campo esteja com os acabamentos concluídos. A Tabela 8 apresenta, para o apartamento sem acabamento, menores valores de iluminância, em concordância com a norma, resultado este já esperado por este estudo e comprova a assertividade da recomendação normativa.

4.2.4 Variação ao longo dos dias

O Ensaio *in loco* foi realizado durante quatro dias seguidos, 22/05/2018, 23/05/2018, 24/05/2018 e 25/05/2018. O comportamento ao longo destes dias foi analisado nesta etapa do estudo.

A cada horário de coleta houve o registro das condições do clima, atentando para as condições de céu, uma vez que é fator de entrada para comparativo com a simulação, de acordo com a Tabela 9. Desta forma, realizou-se um resumo das condições de clima, por dia, conforme Tabela 9.

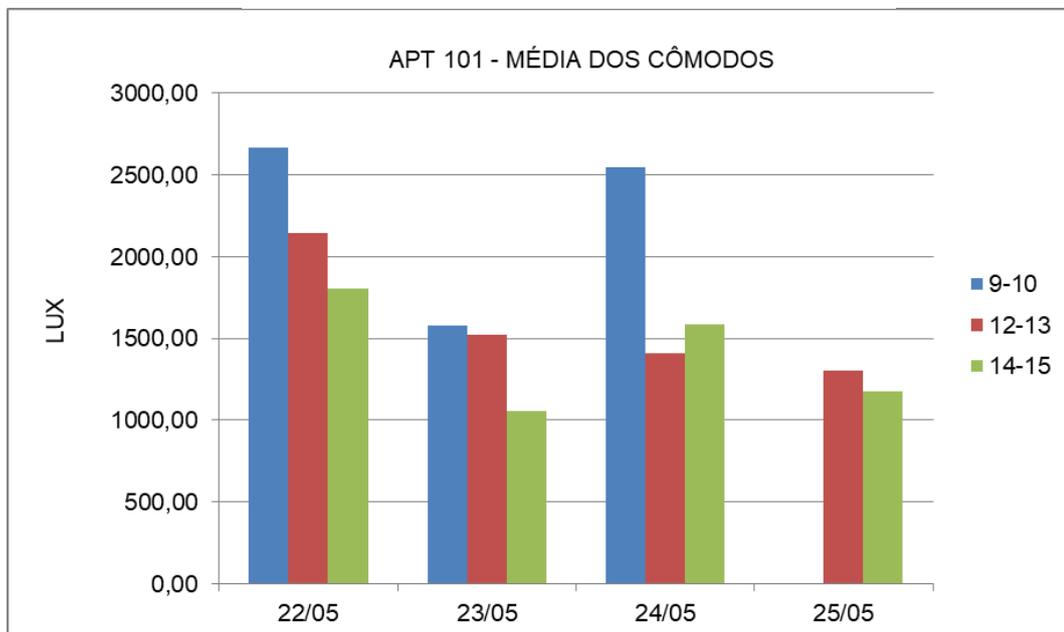
Tabela 9 – Condições de Céu por Dia

CONDIÇÕES CLIMÁTICAS - ENSAIO <i>IN LOCO</i>	
DIAS	CONDIÇÕES DE CÉU
22/05/2018	Sol com poucas nuvens
23/05/2018	ensolarado c nuvens
24/05/2018	Sol com poucas nuvens
25/05/2018	nublado

Fonte: Fiori, 2020

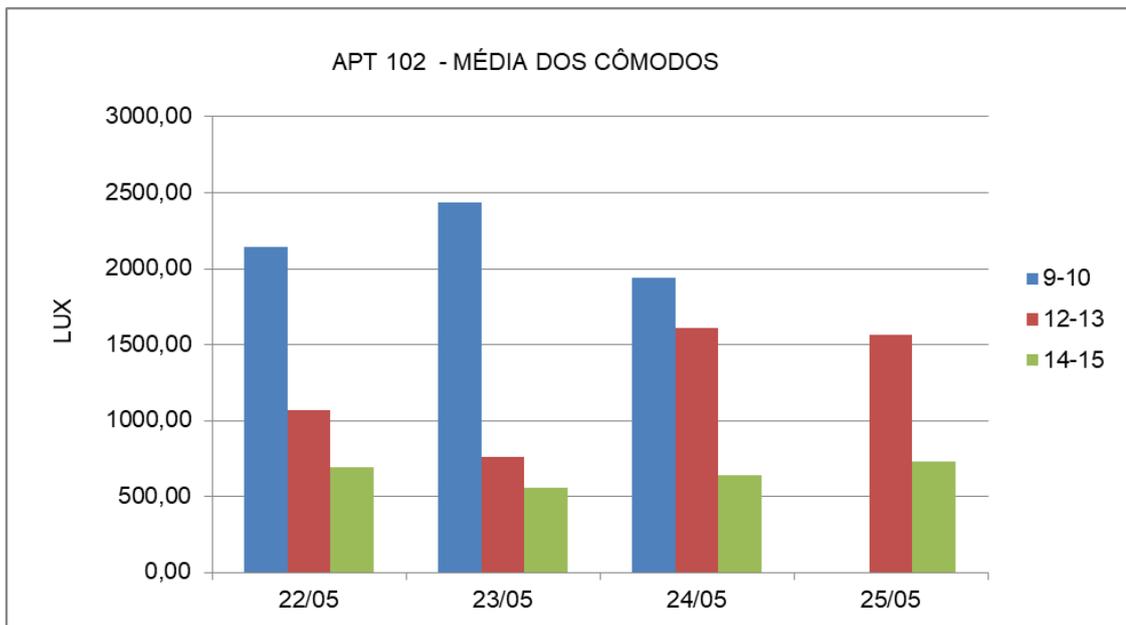
Os gráficos representativos das Figuras 35, 36, 37 e 38 mostram as variações, em lux, durante esses dias. Para tanto, obteve-se as médias diárias das iluminâncias de todos os cômodos, para cada intervalo de hora, sendo escolhidos os extremos (9 – 10 h e 14 – 15 h) e o intervalo intermediário (12-13h). No último dia do ensaio de campo não houve coleta no primeiro horário do dia (9 – 10 h).

Figura 35 - Análise ao longo dos dias – Apt 101



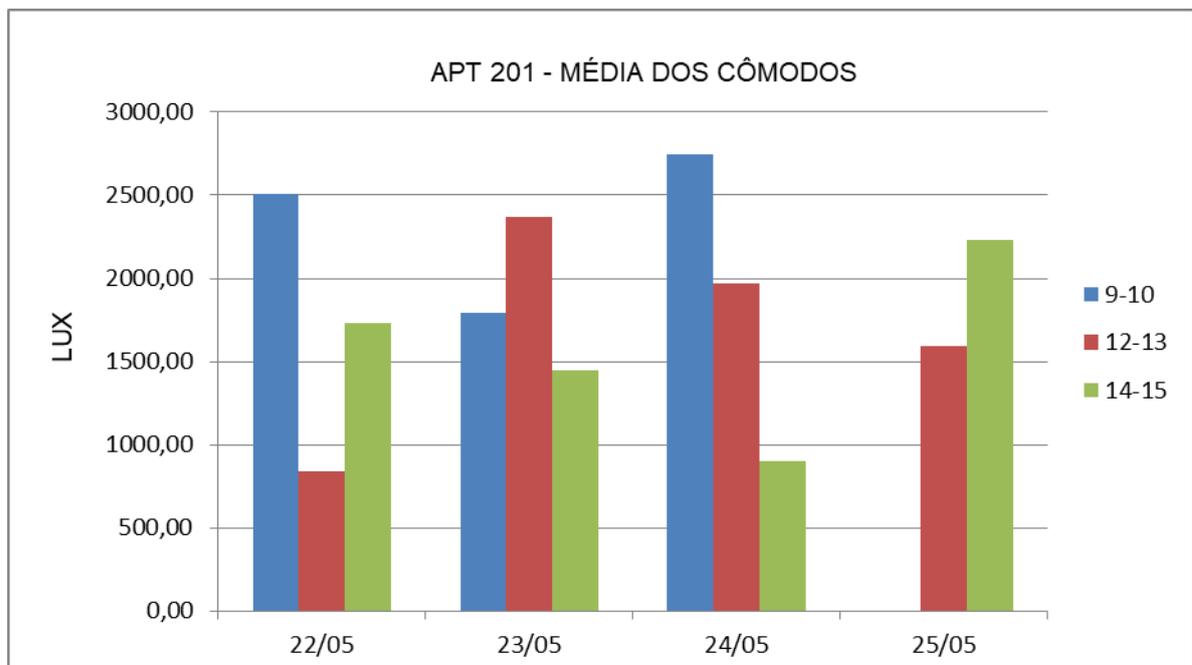
Fonte: Fiori, 2020

Figura 36 - Análise ao longo dos dias – Apt 102



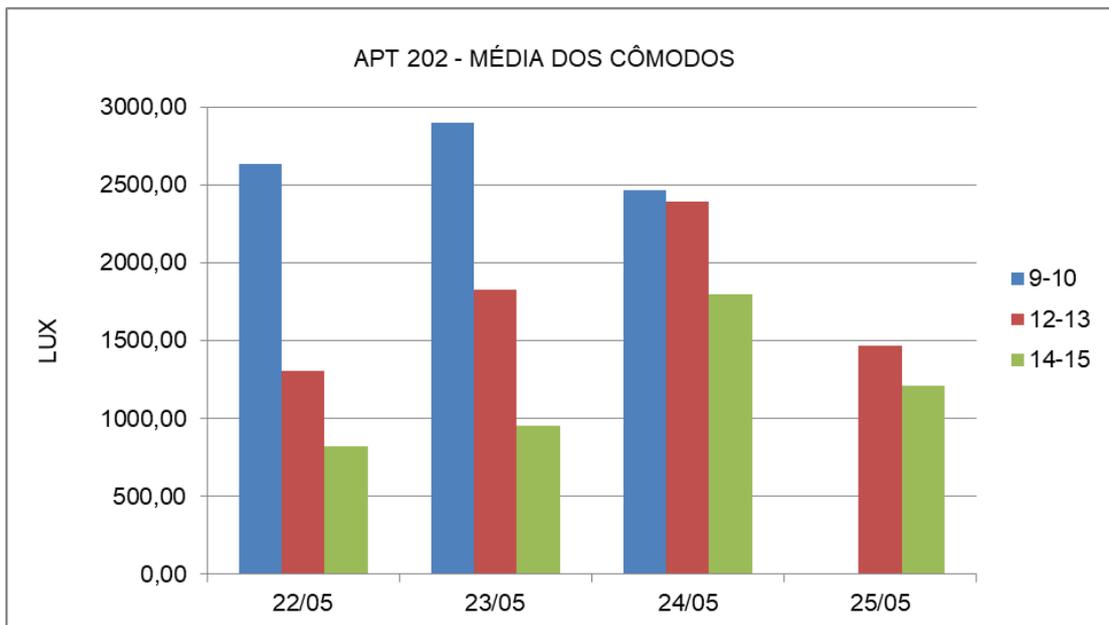
Fonte: Fiori, 2020

Figura 37 - Análise ao longo dos dias – Apt 201



Fonte: Fiori, 2020

Figura 38 - Análise ao longo dos dias – Apt 202



Fonte: Fiori, 2020

- Observa-se que as médias das iluminâncias mais baixas foram encontradas no apartamento 102 para todos os dias;
- Para qualquer dos dias estudados, o intervalo de 9 h às 10 h foi o que teve as maiores médias de iluminância, exceto dia 23/05 nos apartamentos 101 e 201;
- Apesar do céu nublado, o dia 25/05 nem sempre apresentou as menores iluminâncias no horário das 12 às 13 h. O horário das 14 às 15 h já estava ensolarado;
- O horário das 15 h e 30 min foi o que mostrou menores médias de iluminâncias em todos os dias, exceto dia 22/05 e 25/05 no apartamento 201.

Houve grandes variações de FLD ao longo dos 4 dias de medição. Os resultados são imprecisos pois dependem muito da sombra que é imposta sobre o ponto de coleta. Analisando sob a ótica das condições que o céu apresenta, observa-se, portanto, a dependência das condições ambientais do dia. Percebe-se, portanto, que diante de qualquer condição climática o horário intermediário (entre 12 h e 13 h) é o de menor variação entre os cômodos do mesmo apartamento.

4.2.5 Análise Normativa

Nas Tabelas 11 e 12 estão apresentados os resultados do Fator de Luz Diurna (FLD), parâmetro usado como critério de avaliação de desempenho lumínico, segundo a NBR 15575 (2013). Além disso, estão representados os menores valores obtidos durante todo ensaio, nos apartamentos 101, 102, 201, 202, realizados entre os dias 22/05/2018 e 25/05/2018.

Os valores para atendimento aos critérios normativos estão expostos na Tabela 10.

O resultado do ensaio de campo foi em sua maioria classificado como nível superior de iluminação natural.

Tabela 10 – Legenda

LEGENDA:	
NÃO ATENDE	<0,5%
MÍNIMO	≥0,5%
INTERMEDIÁRIO	≥0,65%
SUPERIOR	≥0,75%

Fonte: Fiori, 2020

Tabela 11 - valores de FLD - ensaio de campo

24 de maio de 2018							
		FLD					
		9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		Sol com poucas nuvens					
APT 101	EST/JANT	2,19	6,65	5,96	2,52	9,79	14,25
	COZ P2	0,92	8,27	5,45	9,19	46,74	65,44
	A. SERV	1,64	22,45	17,06	15,76	88,00	42,22
	QUA. SERV.	1,22	10,42	17,06	6,16	33,68	35,62
	QUARTO1	7,19	53,06	24,22	6,67	21,05	26,12
	QUARTO2	7,52	60,59	32,94	7,73	23,58	32,19
	QUARTO3	7,91	59,82	51,10	6,31	30,32	45,38
	QUARTO4	1,70	25,13	30,00	4,48	60,63	120,58
APT 102	EST/JANT	0,41	3,46	1,45	0,73	2,91	2,56
	COZ P2	0,50	5,55	5,96	2,05	7,05	8,44
	A. SERV	0,69	6,77	5,98	2,89	9,33	12,37
	QUA. SERV.	0,84	9,02	8,80	3,27	11,96	14,93
	QUARTO1	5,56	29,59	32,29	6,62	25,66	26,39
	QUARTO2	7,47	36,99	33,12	10,05	32,72	32,45
	QUARTO3	5,11	32,02	24,13	6,82	21,92	20,45
	QUARTO4	2,22	10,88	7,78	32,58	15,33	17,68

Fonte: Fiori, 2020

Tabela 12 - Valores de FLD - ensaio de campo

25 de maio de 2018							
		FLD					
		9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS			nublado	nublado	nublado c/ chuva	parcialmente nublado	sol com poucas nuvens
APT 101	EST/JANT		1,80	3,85	2,44	0,45	3,31
	COZ P2		5,15	3,51	7,94	0,91	13,99
	A. SERV		10,68	11,12	10,39	5,40	34,16
	QUA. SERV.		9,23	9,82	5,98	1,86	13,90
	QUARTO1		6,58	15,62	6,47	1,81	9,52
	QUARTO2		7,68	19,47	7,01	2,10	10,94
	QUARTO3		8,89	27,04	6,62	2,50	12,14
	QUARTO4		4,40	13,43	4,40	3,79	24,42
APT 102	EST/JANT		2,14	0,93	0,65	0,15	1,17
	COZ P2		6,92	3,58	1,90	0,74	8,14
	A. SERV		13,50	3,88	2,57	1,09	13,12
	QUA. SERV.		10,94	5,50	3,32	1,17	14,68
	QUARTO1		16,24	17,87	6,67	1,38	10,10
	QUARTO2		20,94	21,83	8,77	1,69	12,66
	QUARTO3		11,54	14,97	6,76	1,12	9,08
	QUARTO4		3,80	5,31	30,64	0,98	7,14

Fonte: Fiori, 2020

Após as coletas dos dados, verificou-se que apenas três pontos estiveram abaixo do mínimo recomendado pela norma, todos eles na sala, sendo dois pontos no horário das 13 horas às 14 horas, e um deles no horário de 9 horas as 10 horas, observando também que dois pontos no apartamento 102 e um no apartamento 101; apenas um ponto foi classificado como nível mínimo de iluminação, localizado na cozinha, no horário das 9 horas às 10 horas, no apartamento 102; quatro pontos classificados na faixa de iluminação nível intermediário, sendo dois na sala, um na cozinha e um na área de serviço, um ponto no intervalo das 9 às 10 horas, dois das 12 as 13 horas e um das 13 às 14 horas; todos os outros pontos ensaiados correspondem ao padrão superior de classificação na tabela para iluminação natural.

Estes valores podem ser observados nas tabelas 11 e 12. Todas as outras tabelas apresentam classificação superior para iluminação natural e, portanto, foram colocadas no apêndice B.

No que se refere aos apartamentos, observa-se que o 102 foi o que apresentou os menores valores de iluminância, com uma quantidade de pontos com classificação superior menor que o apartamento 101. Além disso, apresentou as menores iluminâncias sendo 02 pontos com nível insuficiente (abaixo da norma), 1 ponto com nível mínimo e 4 pontos com nível intermediário, conforme classificação normativa.

Um dado relevante dos resultados obtidos é que a sala foi o cômodo na qual foram verificados os menores valores de todos os pontos coletados, inclusive ficando abaixo da classificação mínima estabelecida pela norma, em alguns horários.

4.3 Simulação Computacional

A simulação computacional realizada apresenta os valores da iluminância nos pontos determinados no software utilizado, o DialuxEvo. Para esta análise, foram realizadas avaliações nos dias e horários estabelecidos em norma (23/04 às 9 h e 30 min. e 23/10 às 15 h e 30 min.), como também nos mesmos dias de realização dos ensaios de campo, simulando os horários de 9 h e 30 min, 12 h e 30 min e 15 h e 30 min para cada dia do ensaio em campo (de 22/05/2018 à 25/05/2018), perfazendo um total de 14 simulações. Observe-se que os horários na simulação são exatos e não se trabalha com intervalo de hora como feito no ensaio. Como os horários extremos são determinados pela NBR 15575 (ABNT, 2013), optou-se pelo intermediário seguindo a mesma forma.

Na simulação, realizou-se análise para as mesmas variáveis observadas no ensaio *in loco*.

4.3.1 Influência do Horário

Na simulação são estabelecidos horários exatos para determinar a iluminância de cada cômodo. No presente estudo, os horários foram escolhidos de forma que se obteve valores dos extremos (manhã e tarde) estipulados na NBR 15575 (ABNT, 2013) e o horário intermediário (12h e 30min) de forma que seja possível avaliar o comportamento na simulação e posteriormente comparar com o realizado em campo.

Para realizar a simulação, no DialuxEvo, uma das variáveis inseridas é o modelo de céu do dia e horário especificados. Esclarece-se que foram utilizados no sistema computacional o modelo de céu mais próximo do que se coletou no local, podendo para tanto optar por quatro tipos disponíveis pelo programa: sem luz do dia, céu claro (poucas nuvens), céu médio (50% de nuvens) e céu encoberto (todo ou coberto por nuvens) . A Tabela 13 apresenta o resumo dos modelos de céu utilizados nas simulações.

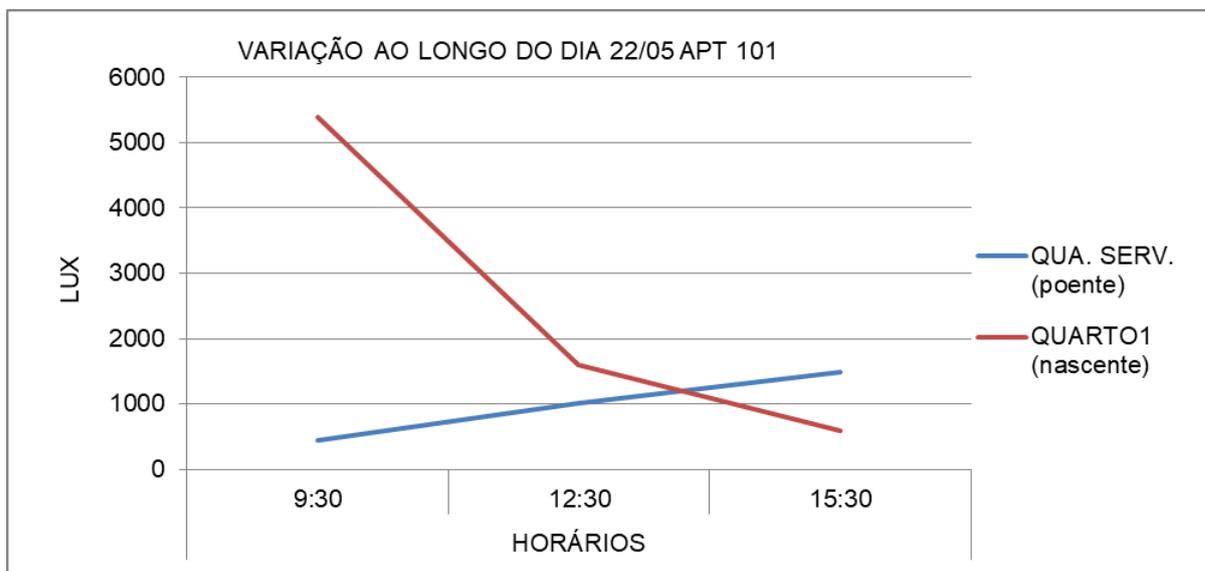
Tabela 13 - Condições de Céu – Simulação

CONDIÇÕES DE CÉU - SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL			
DIAS	HORÁRIOS		
	9h e 30 min	12h e 30 min	15h e 30 min
22/05/2018	céu claro	céu médio	céu claro
23/05/2018	céu médio	céu médio	céu médio
24/05/2018	céu claro	céu claro	céu claro
25/05/2018	céu encoberto	céu encoberto	céu claro

Fonte: Fiori, 2020

De forma análoga ao ensaio de campo se fez o gráfico da Figura 39, na qual se observa a variação, em lux, de dois cômodos do apartamento 101, sendo um nascente (quarto1) e outro poente (quarto de serviço, os mesmos do ensaio.

Figura 39 - Variação em lux o ao longo do dia 22/05/2018

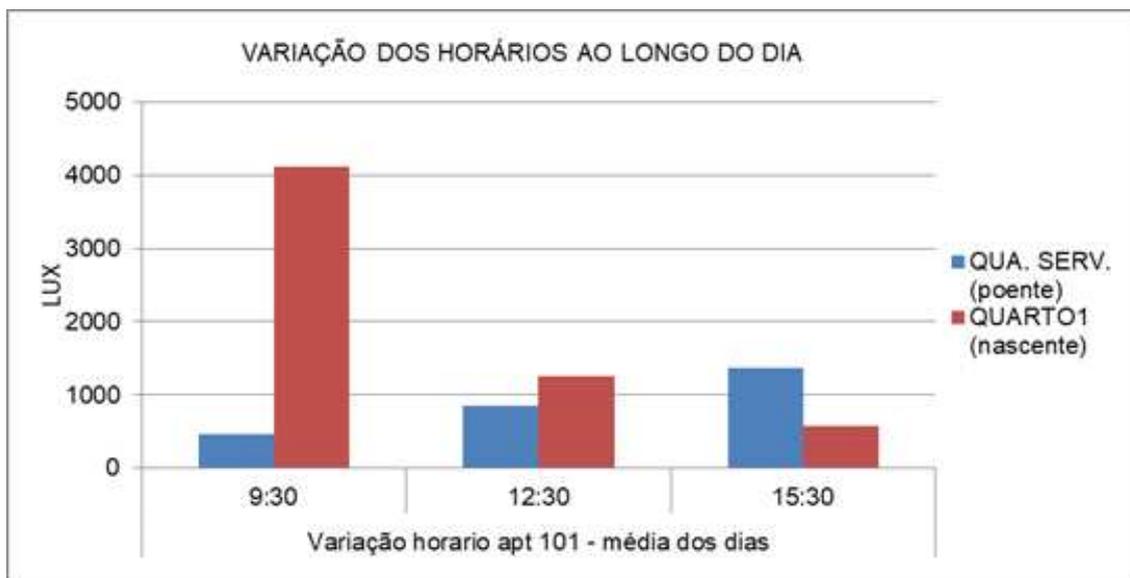


Fonte: Fiori, 2020

Percebe-se no quarto 1, possuindo posição nascente, uma variação de valores de forma vultuosa, saindo, no primeiro intervalo de medição, de mais de cinco mil lux, caindo para menos de dois mil lux no horário posterior e terminando com menos de mil lux no ultimo horário de coleta deste dia. No outro cômodo, quarto de serviço, que se coloca numa posição mais poente, observa-se uma variação menor ao longo do dia quando comparado ao quarto 1, mesmo assim, seus valores de iluminância vão em torno de 500 lux até mil e quinhentos lux, aproximadamente, triplicando ao longo do dia. Ressalta-se que, na figura 38, a variação apresentada é do dia 22 de maio de 2018, no apartamento 101.

Realizou-se a média aritmética dos valores em lux, no mesmo horário, durante os quatro dias simulados (22/05/2018 à 25/05/2018). A figura representativa 40 mostra o resultado das médias, por horário, dos mesmos cômodos estudados na Figura 39. Observa-se que, conforme indica a Tabela 13, houve variação nas condições climáticas durante as coletas com períodos de muito sol (céu claro), com quantidade média de nuvens (céu médio) e nublado (céu encoberto).

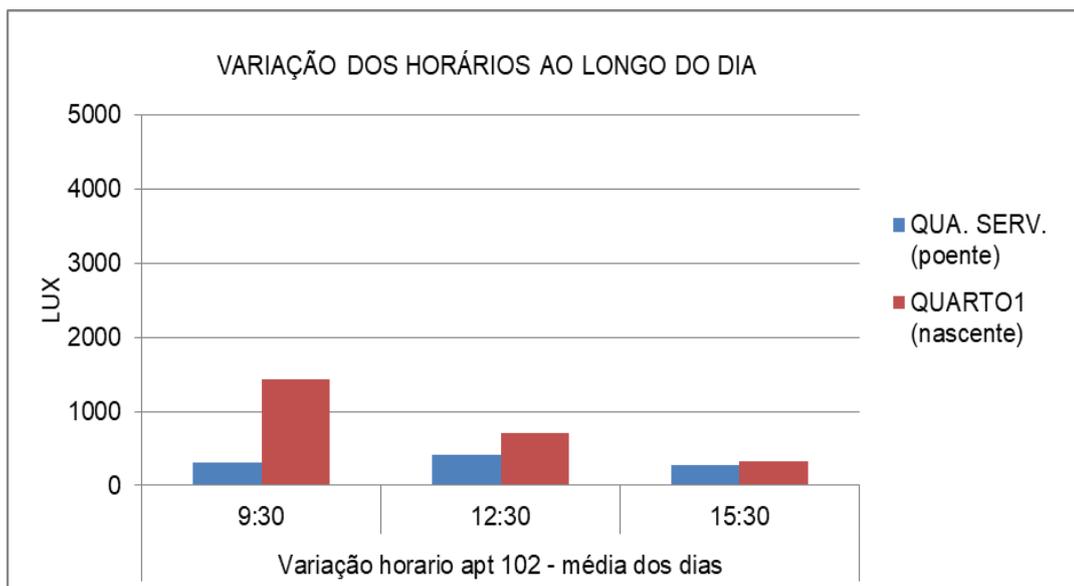
Figura 40 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 101



Fonte: Fiori, 2020

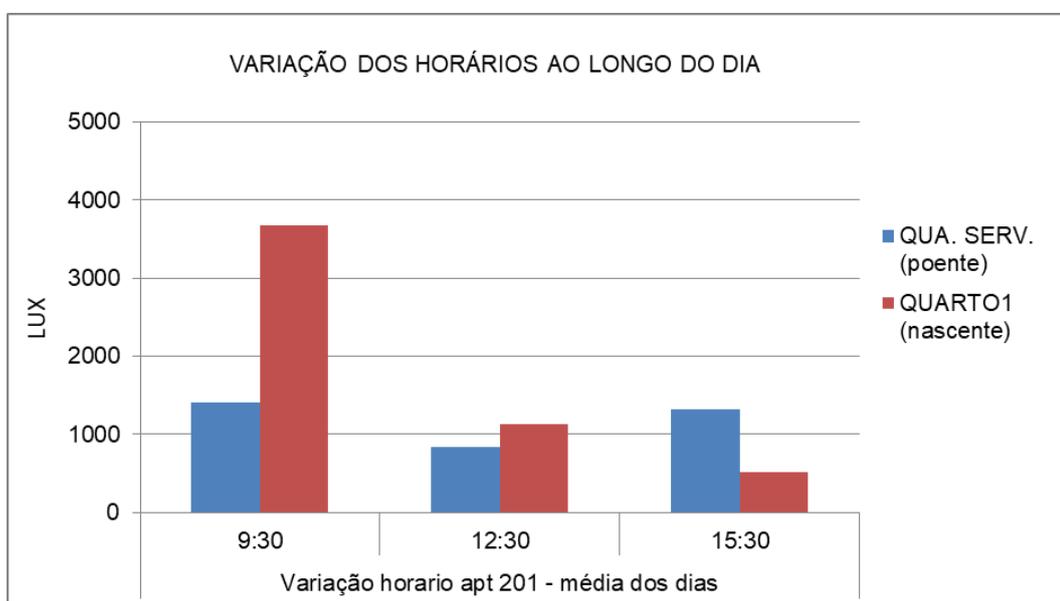
Numa análise comparativa entre as Figuras 40 e 42, percebe-se a mesma tendência de comportamento no que diz respeito à variação ao longo do dia. No quarto 1 a variação é maior, assim como os valores de iluminância deste cômodo. De forma inversa, o quarto de serviço apresenta menores valores e variação. Observa-se ainda que o horário onde houve menor dispersão de valores foi das 12 h e 30 min, com menor variação entre as medições dos dois cômodos em análise.

Figura 41 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 102



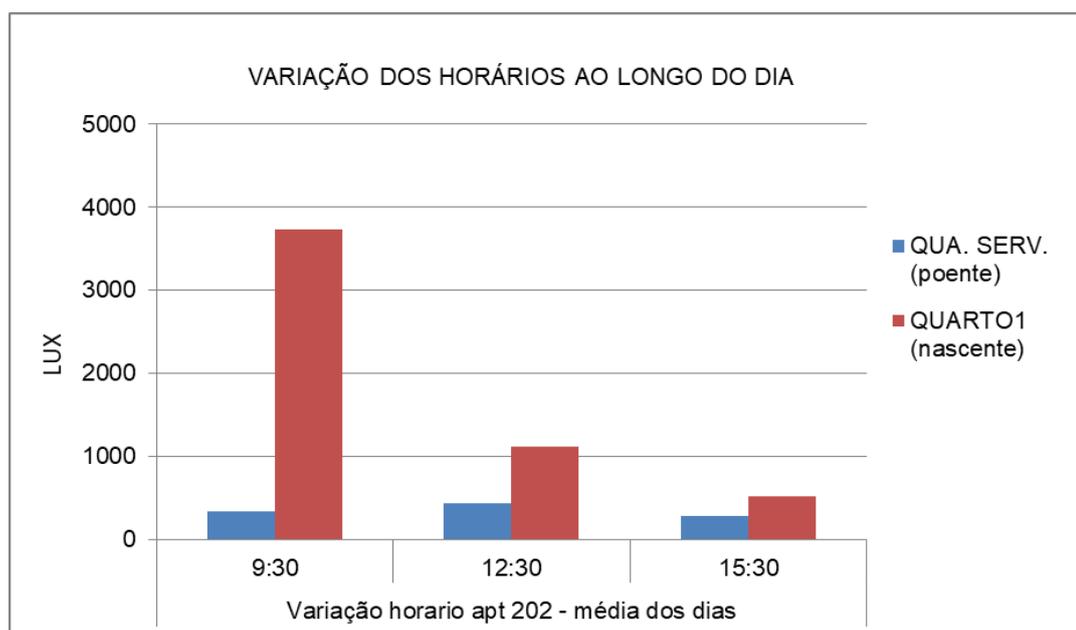
Fonte: Fiori, 2020

Figura 42 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 201



Fonte: Fiori, 2020

Figura 43 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 202



Fonte: Fiori, 2020

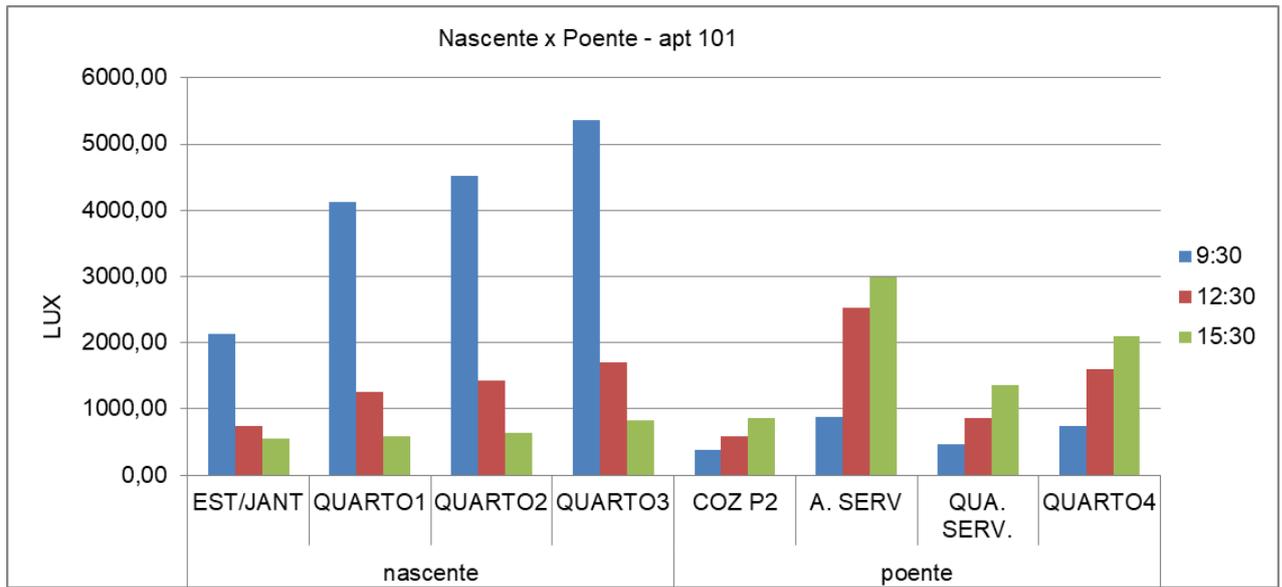
As figuras 41, 42 e 43 mostram o comportamento das demais unidades habitacionais, onde se observa comportamento semelhante ao da Figura 40. Deve-se destacar que o apartamento 102 apresenta as menores médias apesar de ter sido simulado com o modelo de céu claro (o de maior intensidade de luz).

Exceto no apartamento 102, percebe-se grande variação de iluminância de um horário para outro, principalmente no cômodo nascente, quarto1.

4.3.2 Influência da posição do cômodo (nascente x poente)

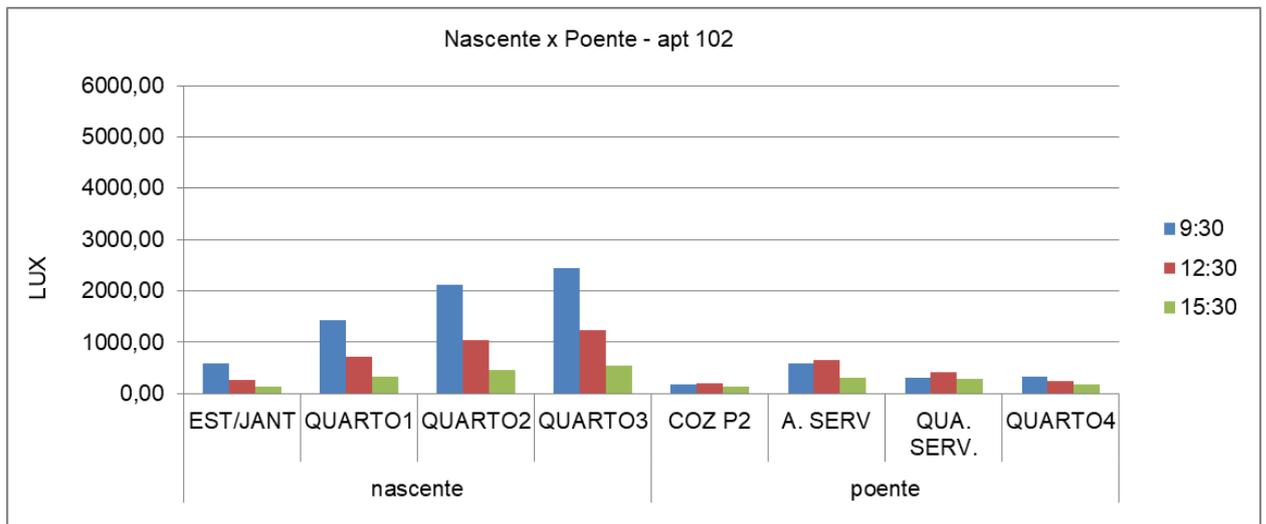
Da mesma forma que no ensaio em campo, observou-se o comportamento da iluminância nos cômodos em relação à sua posição, percebem-se algumas características típicas. Nas Figuras 44, 45, 46 e 47 se observa uma avaliação dos cômodos nascentes em relação aos poentes nos horários extremos da norma (9 h e 30 min e 15 h e 30 min) e um mais central, sendo escolhido o intervalo 12 h e 30 min. Para tanto foi realizada a média aritmética dos valores obtidos na simulação, em lux.

Figura 44 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - Apt 101



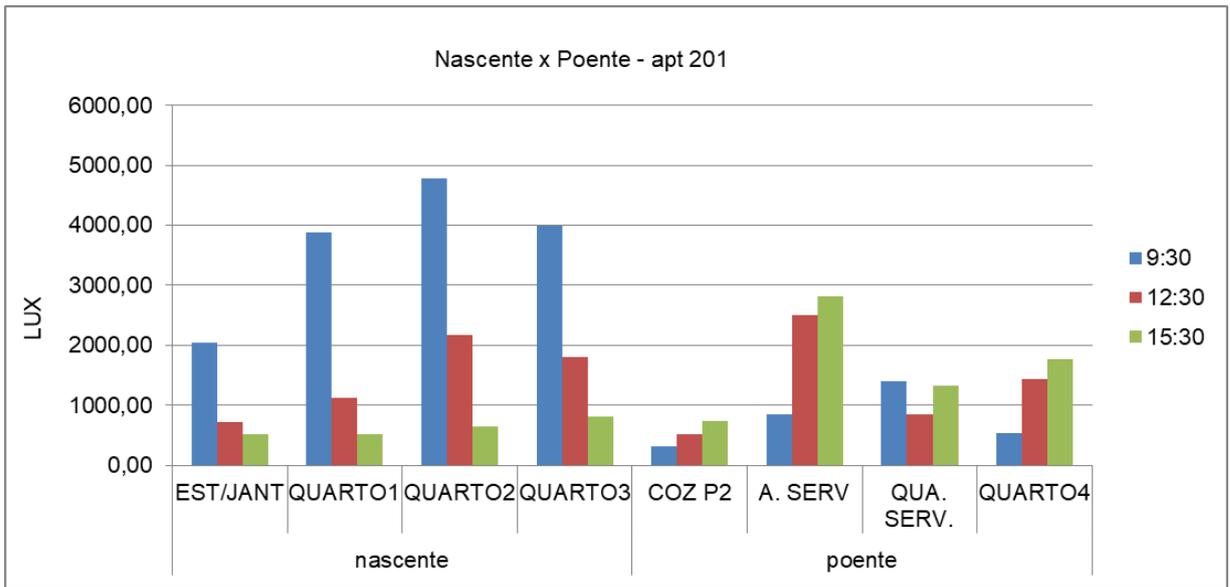
Fonte: Fiori, 2020

Figura 45 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - APT 102



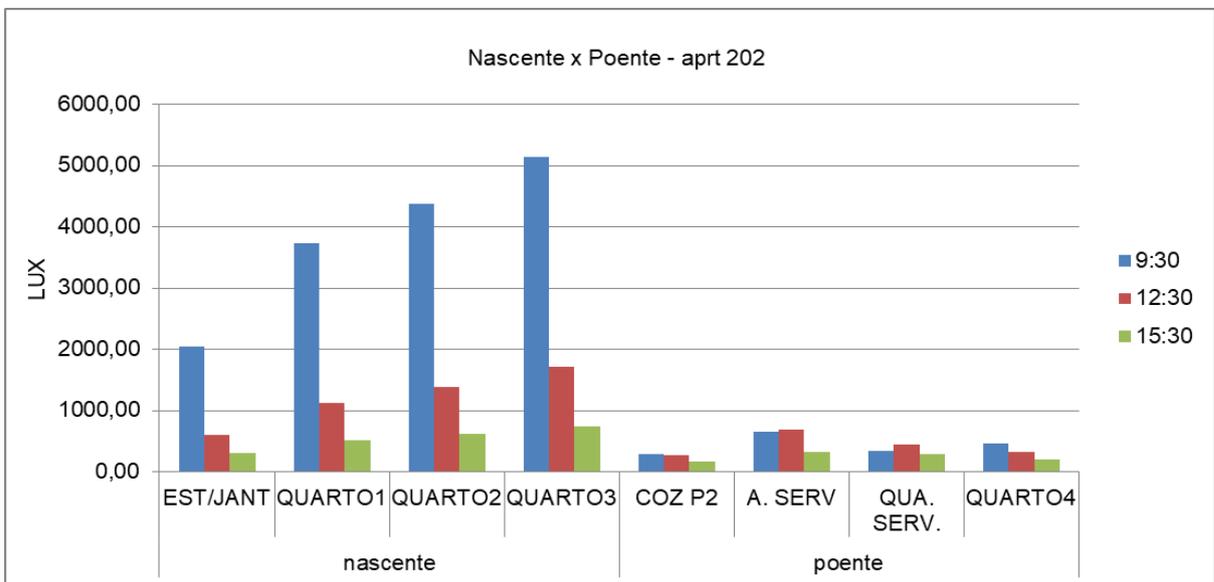
Fonte: Fiori, 2020

Figura 46 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - APT 201



Fonte: Fiori, 2020

Figura 47 - Nascentes x Poentes (simulação) - 22.05.2018 - APT 202



Fonte: Fiori, 2020

Analisando a situação da posição de cada cômodo realizada através da média aritmética em lux dos valores coletados, percebem-se as seguintes características:

- Os cômodos poentes apresentam menor variação ao longo do dia comparando-se os três intervalos;
- A cozinha foi quem mostrou menor dispersão nos resultados apresentados em todas as unidades habitacionais;
- A cozinha é o cômodo que apresentou os menores valores de iluminação interna avaliados, entre todos os cômodos;
- Nas unidades de terminação 2, a iluminância foi maior em todos os horários avaliados, nos cômodos nascentes. Nas unidades com terminação 1 este fato apenas não ocorreu no horário das 15 h e 30 min.;
- De maneira geral, os quarto 1, 2 e 3 são os cômodos mais iluminados (recebem mais luz);
- A iluminância, no geral, é maior nos cômodos nascentes do que nos poentes, para qualquer horário analisado;
- Observa-se que, entre os cômodos classificados como nascente, a sala sempre obteve as menores médias calculadas e para os classificados como poentes, a cozinha obteve as menores médias;
- Salvo algumas exceções (área de serv. e quarto de serv. apt 102 e apt 202), o horário das 12 h e 30 min. apresentou valor intermediário entre os horários extremos de coleta.
- No ultimo horário de cada dia (14 h às 15 h), nota-se os cômodos nascentes com iluminância maior que os cômodos poentes, nas unidades 102 e 202;
- Em geral, o esperado é que os cômodos nascentes apresentem maior iluminância pela manhã e os cômodos poentes à tarde. Porém, a simulação deste empreendimento mostrou que nem sempre isto ocorre, uma vez que as unidades de terminação 02 apresentaram valores superiores nos cômodos

nascentes em qualquer horário analisado. O horário intermediário (12 h e 30 min) esteve sempre mostrando valores intermediários para qualquer posição de cômodo observada, seja nascente ou poente.

4.3.3 Influência do acabamento

Da mesma forma que o ensaio de campo, foi observada a influência do acabamento segundo à simulação computacional. Analogamente foi feito o gráfico, desta vez com os horários da simulação, na qual procurou analisar as mesmas características obtidas no ensaio, comparando a unidade sem acabamento, apartamento 102, com a unidade do mesmo pavimento, apartamento 202. Salienta-se que na simulação foram utilizados os mesmos acabamentos que utilizados nas unidades reais, onde piso, parede e teto, tiveram seus acabamentos em conformidade com as unidades habitacionais correspondentes.

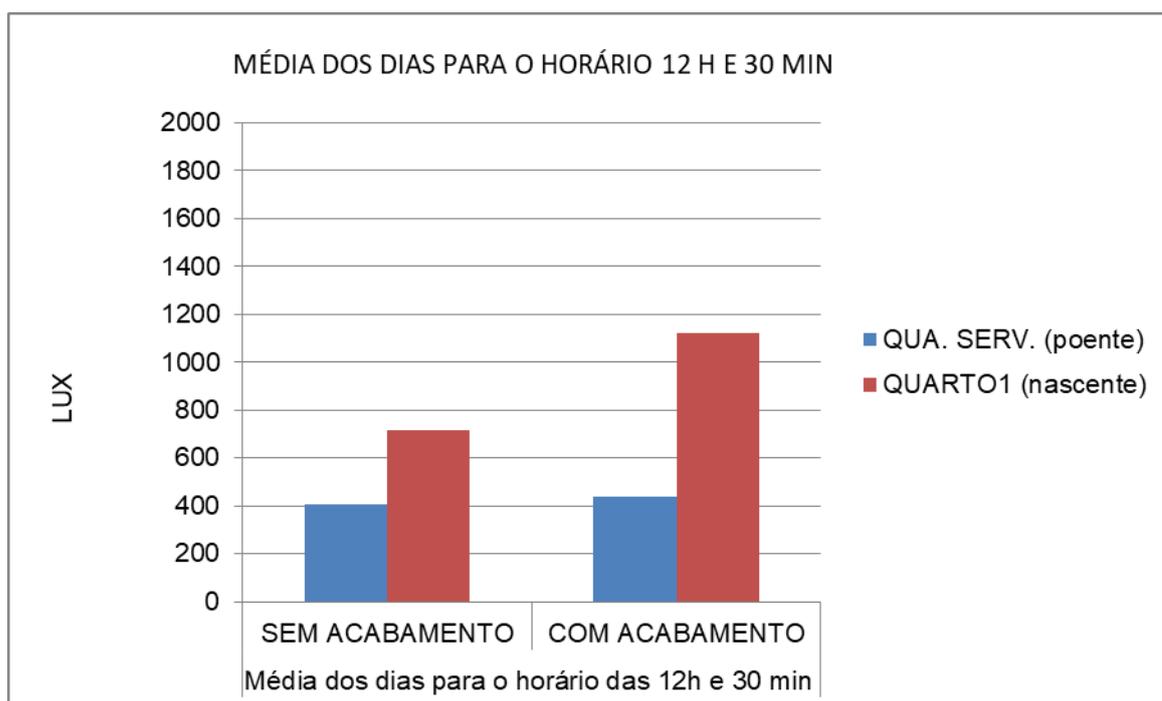
Na Tabela 14 obteve-se a média em lux por apartamento a fim de realizar análise de iluminância comparativa entre as unidades habitacionais. Verifica-se que a unidade 102 obteve as menores médias diárias.

Tabela 14 - Média Diária em Lux por apartamento

	APT	MÉDIA (LUX)
22.05.2018	101	1985,71
	102	689,08
	201	1879,67
	202	1351,50
23.05.2018	101	1792,17
	102	782,88
	201	1705,58
	202	1292,75
24.05.2018	101	1828,58
	102	611,42
	201	1756,21
	202	1239,67
25.05.2018	101	937,00
	102	425,88
	201	1000,54
	202	575,83

Representativamente, avaliou-se dois cômodos das unidades 102 e 202, sendo um nascente e um poente de cada apartamento. Escolhidos desta forma para que seja comparada a unidade sem acabamento com uma com acabamento no mesmo pavimento. Analisou-se o horário da simulação correspondente às 12 h e 30 min, conforme apresentado no gráfico representativo na Figura 48.

Figura 48 – Análise do acabamento 102 X 202



Fonte: Fiori, 2020

Verifica-se no gráfico da Figura 48 que a unidade 102 possui menor diferença nos valores entre os cômodos do que a unidade 202, ou seja os valores se apresentam mais homogêneos, mais regulares ao longo do dia, quando se trata de avaliar os cômodos por habitação.

Nota-se que os valores da médias um lux da unidade 102 (sem acabamento) são menores que os valores dos cômodos da unidade 202 (com acabamento), corroborando com o que mostra a Tabela 14, na qual se pode verificar que a unidade 102, obteve menores valores médios em todos os dias simulados. , resultado este já esperado por este estudo.

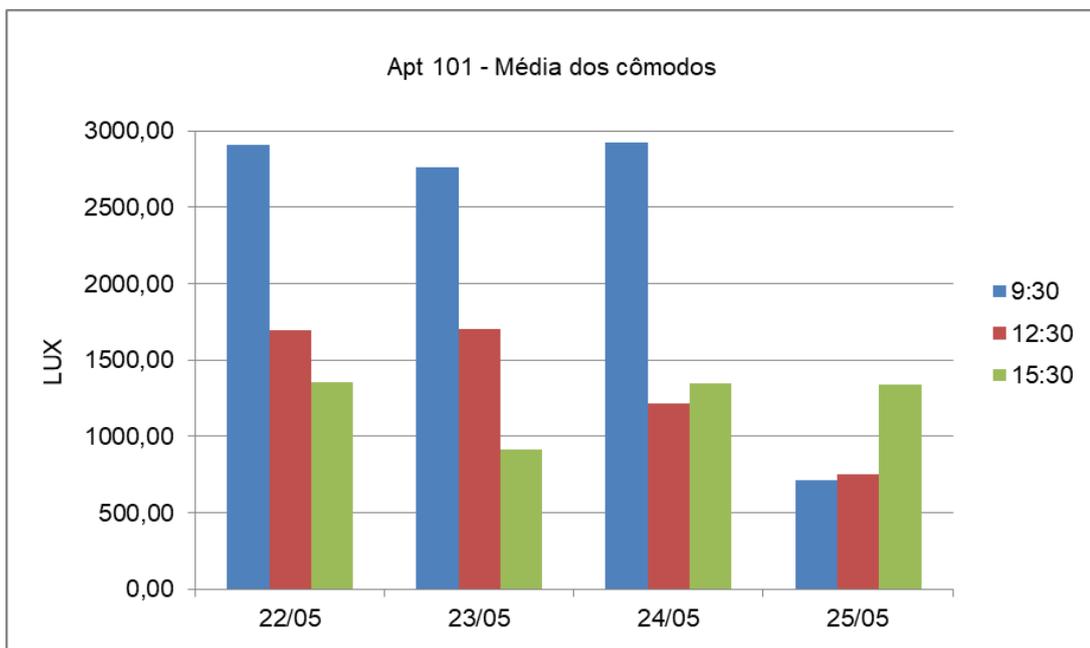
Salienta-se que, para fins normativos, a simulação deve ser realizada com todos os acabamentos finais das unidades habitacionais internos e externos, a fim de proporcionar a maior proximidade possível com a realidade.

4.3.4 Variação ao longo dos dias

O Ensaio *in loco* foi realizado durante quatro dias seguidos. Optou-se também pela simulação durante os mesmos dias do ensaio, de 22 de maio de 2018 a 25 de maio de 2018, e foi realizado estudo em função dos dias para os horários da simulação já especificados anteriormente.

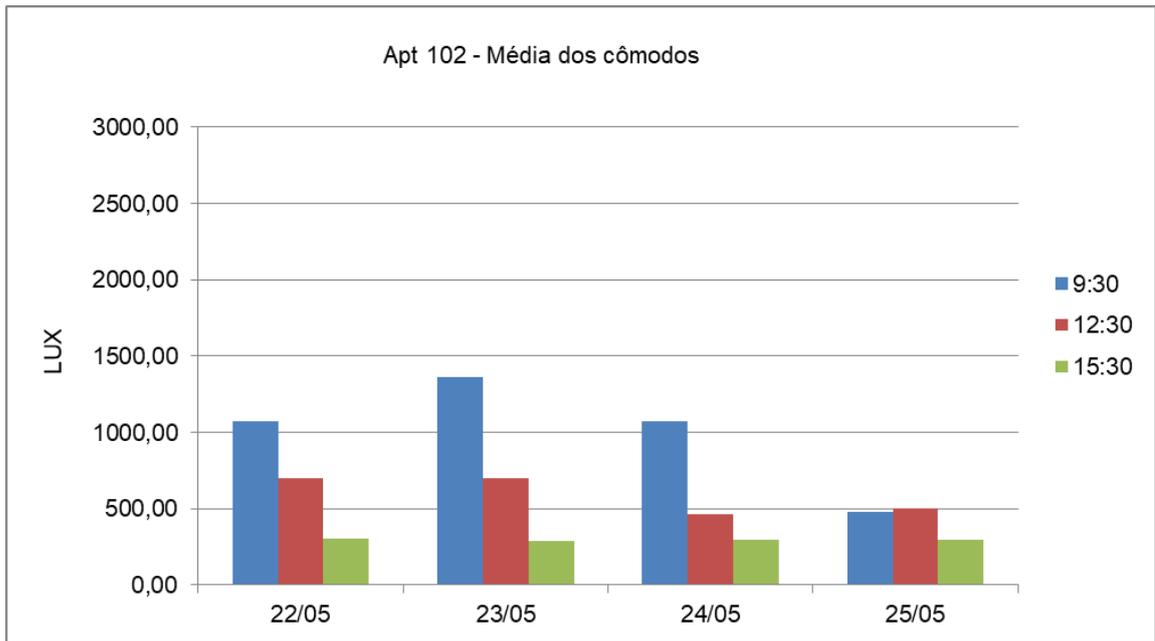
Os gráficos representativos das Figuras 49, 50, 51 e 52 mostram as variações, em lux, durante esses dias. Para tanto se obteve as médias diárias das iluminâncias de todos os cômodos, para cada horário da simulação.

Figura 49 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 101



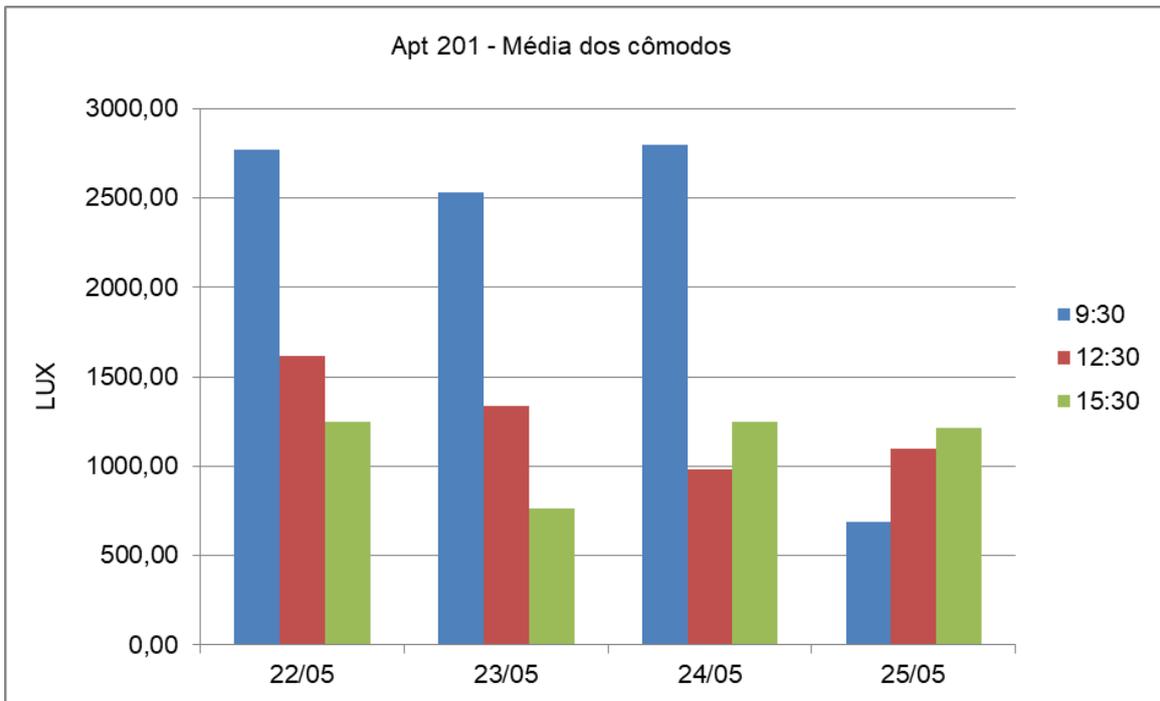
Fonte: Fiori, 2020

Figura 50 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 102



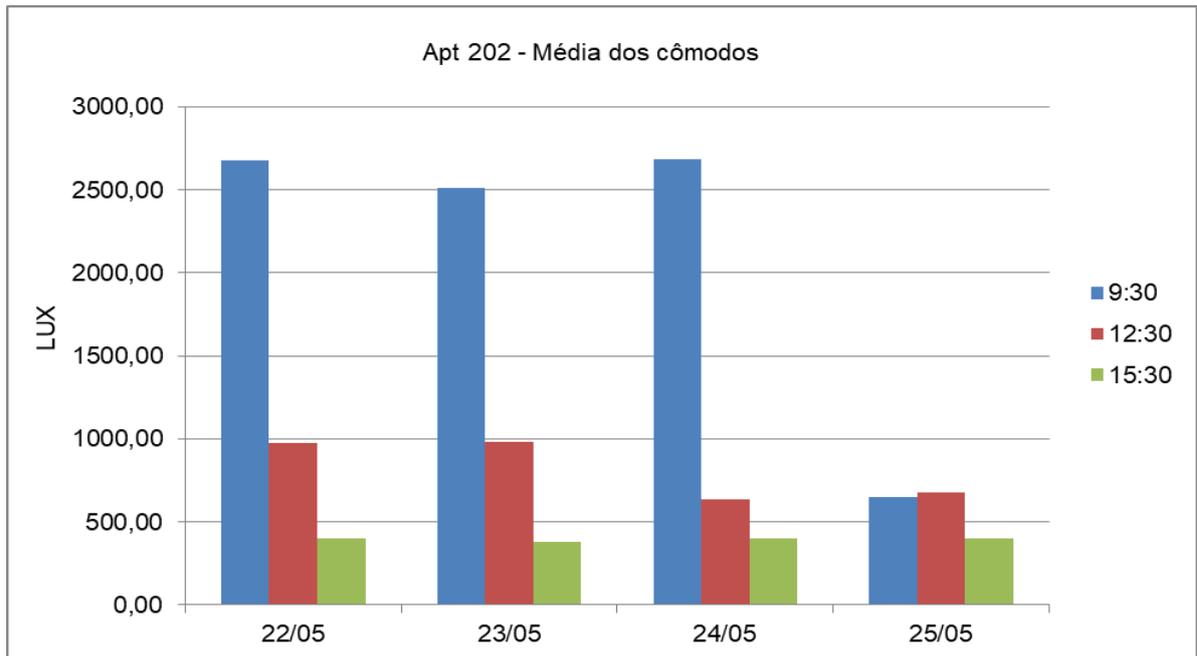
Fonte: Fiori, 2020

Figura 51 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 201



Fonte: Fiori, 2020

Figura 52 - Variação em Lux – média dos dias – Apt 202



Fonte: Fiori, 2020

Observa-se que as médias das iluminâncias mais baixas foram no apartamento 102 para todos os dias em todos os dias. Este resultado vem corroborar com os estudos quanto à influência do acabamento para resultados de iluminação, tratado na NBR 15575 (2013), onde especifica que os ambientes precisam ser simulados com o acabamento final.

No que se refere aos horários, os gráficos mostram que, para qualquer dia estudado, o horário das 9h e 30 min foi o que teve as maiores médias de iluminância, exceto dia 25/05 nos apartamentos 101 e 201, ao passo que o horário das 15 h e 30 min foi o que mostrou menores médias de iluminâncias em todos os dias, exceto dia 24/05 e 25/05 nos apartamentos 101 e 201.

Em relação aos dias estudados, o dia 25/05 foi o que apresentou as menores médias. Tal fato já era esperado, uma vez que o tipo de céu utilizado foi "céu encoberto" pois este foi o registro do tempo *in situ* deste dia; Salienta-se que está estabelecido na Norma de Desempenho, para simulação, o céu a 50%.

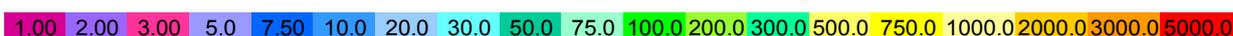
4.3.5 Análise Normativa

A análise foi realizada conforme NBR 15575 (ABNT, 2013), para os dias 23 de abril às 9 h e 30 min e 23 de outubro às 15 h e 30 min, sendo avaliados, para efeito de comprovação dos critérios solicitados e classificação das unidades, quanto aos critérios mínimo, intermediário e superior de iluminação natural.

As Figuras 54, 55, 56 e 57, mostram os apartamentos simulados através de um mapa escalonado de cores, variando de um a cinco mil lux, conforme legenda representada na Figura 53

Legenda:

Figura 53 - Escala de cores em lux



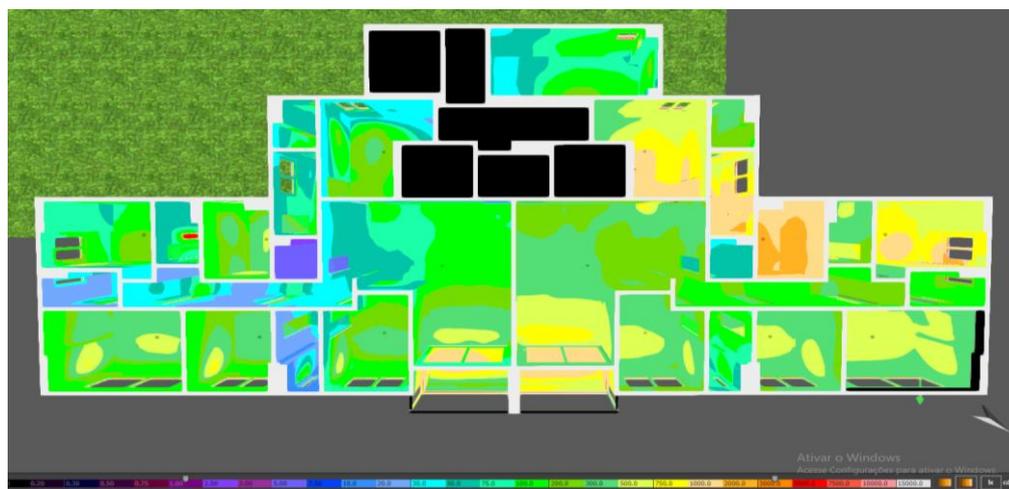
Fonte: Fiori, 2020

Figura 54 - Mapa de cores - simulação dos apt 101 e 102 – 23 de abril – 9 h e 30 min



Fonte: Fiori, 2020

Figura 55 - Mapa de cores - simulação dos apt 101 e 102 – 23 de outubro – 15 h e 30 min



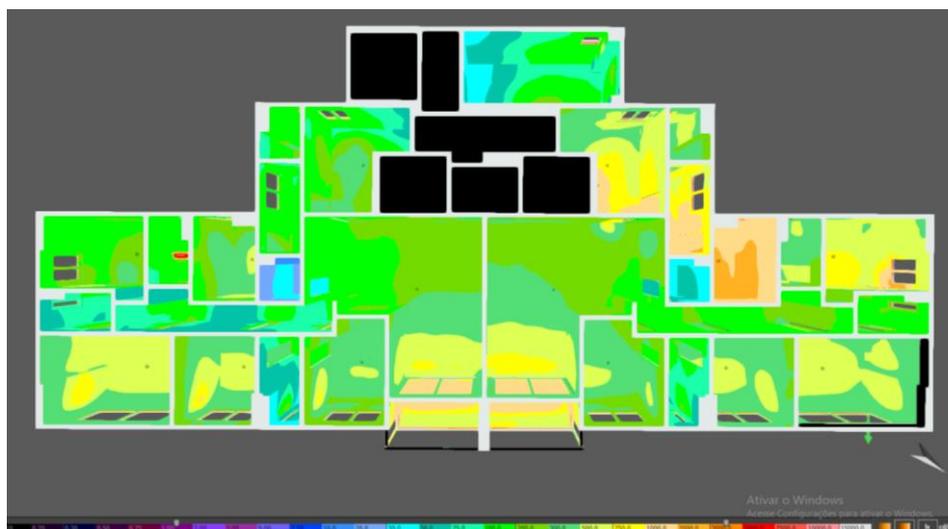
Fonte: Fiori, 2020

Figura 56 - Mapa de cores - simulação dos apt 201 e 202 – 23 de abril – 9 h e 30 min



Fonte: Fiori, 2020

Figura 57 - Mapa de cores - simulação dos apt 201 e 202 – 23 de abril – 15h e 30 min



Fonte: Fiori, 2020

É possível ver de maneira evidente a diferença de coloração quando se compara o dia 23 de abril com o dia 23 de outubro. Em ambos pavimentos, para o mês de abril (manhã), a coloração mais quente predomina. Cores em tons que variam do vermelho ao amarelo são mais visíveis nas salas e quarto nascentes. Na simulação referente ao mês de outubro (tarde) tons de verde predominam, embora um amarelo claro apareça nos cômodos nascentes (salas e quartos), indicando um bom nível de iluminação.

Destaca-se o apartamento 102, no qual em todas as simulações apresentam sempre cores com tons mais frios na escala, indicando uma iluminância inferior às demais unidades habitacionais. Este efeito fica bem evidente com a apresentação em 3D, conforme Figura 22.

O critério de aceitação estabelecido pela NBR 15575 (ABNT, 2013) está descrito na Tabela 15.

Tabela 15 - Critérios Normativos de Classificação para Simulação

LEGENDA:	
NÃO ATENDE	<60
MÍNIMO	≥60
INTERMEDIARIO	≥90
SUPERIOR	≥120
MENOR VALOR DO DIA (NIVEL SUPERIOR)*	
* este parâmetro serve apenas para o estudo, não está preconizado em norma	

Fonte: Fiori, 2020

Tabela 16 - Simulação 101 x 102

		23 De Abril 09:30	23 De Outubro 15:30
APT 101	EST/JANT	2120	303
	COZ P2	372	9816
	A. SERV	1041	10784
	QUA. SERV.	449	2076
	QUARTO1	4333	481
	QUARTO2	4877	542
	QUARTO3	5829	682
	QUARTO4	824	818
APT 102	EST/JANT	591	102
	COZ P2	176	262
	A. SERV	813	597
	QUA. SERV.	305	561
	QUARTO1	1826	275
	QUARTO2	2643	395
	QUARTO3	3088	472
	QUARTO4	458	172

Fonte: Fiori, 2020

Tabela 17 - Simulação 201 x 202

		23 De Abril 09:30	23 De Outubro 15:30
APT 201	EST/JANT	2052	276
	COZ P2	310	9705
	A. SERV	1011	10722
	QUA. SERV.	440	2021
	QUARTO1	3827	432
	QUARTO2	4849	541
	QUARTO3	5847	678
	QUARTO4	726	676
APT 202	EST/JANT	2015	245
	COZ P2	290	314
	A. SERV	901	644
	QUA. SERV.	331	590
	QUARTO1	4024	430
	QUARTO2	4727	526
	QUARTO3	5644	649
	QUARTO4	650	222

Fonte: Fiori, 2020

De acordo com as tabelas 16 e 17, todos os cômodos das unidades habitacionais estão dentro do mínimo requerido pela norma que é de 60 lux. Apenas na sala do apartamento 102, para o dia 23 de outubro às 15 horas e 30 minutos, o valor do ensaio apresentou nível intermediário de iluminância. Todos os outros valores pertencem ao nível de classificação superior.

Observa-se que a sala foi o cômodo que apresentou os menores valores de iluminância, para o horário das 9 horas e 30 minutos, no dia 23 de abril. Já para o horário das 15 horas e 30 minutos, do dia 23 de outubro, o cômodo que apresentou menor iluminância foi a cozinha em três apartamentos (101,102 e 201) e o quarto 4 em um apartamento (202).

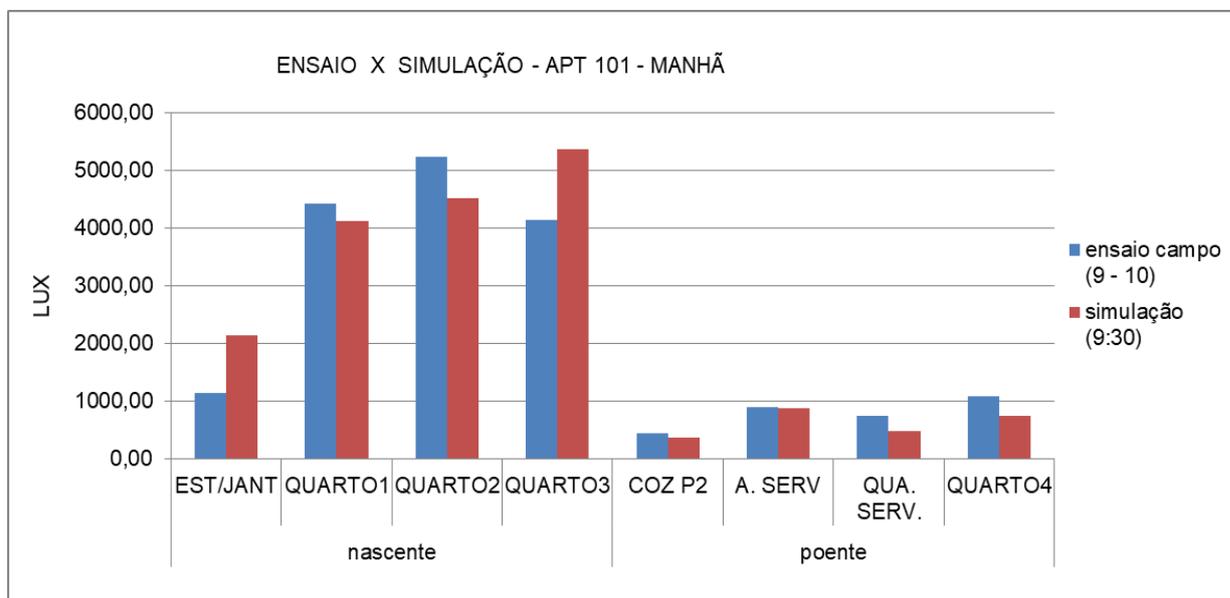
4.4 Análise comparativa (*in loco* x simulação computacional)

Nesta parte do estudo se procurou realizar comparações entre o ensaio e a simulação no que diz respeito aos fatores de influência que interferem na iluminância dos cômodos analisados.

Para a análise comparativa entre a simulação e o ensaio se elaborou os gráficos representados nas figuras 58 e 59. O Gráfico 58 mostra os resultados da simulação no dia 23 de abril às 9 h e 30 min e a média dos valores para todos os dias ensaiados, também no intervalo das 9 horas às 10 horas. Nesta análise, optou-se aleatoriamente pela unidade habitacional 101.

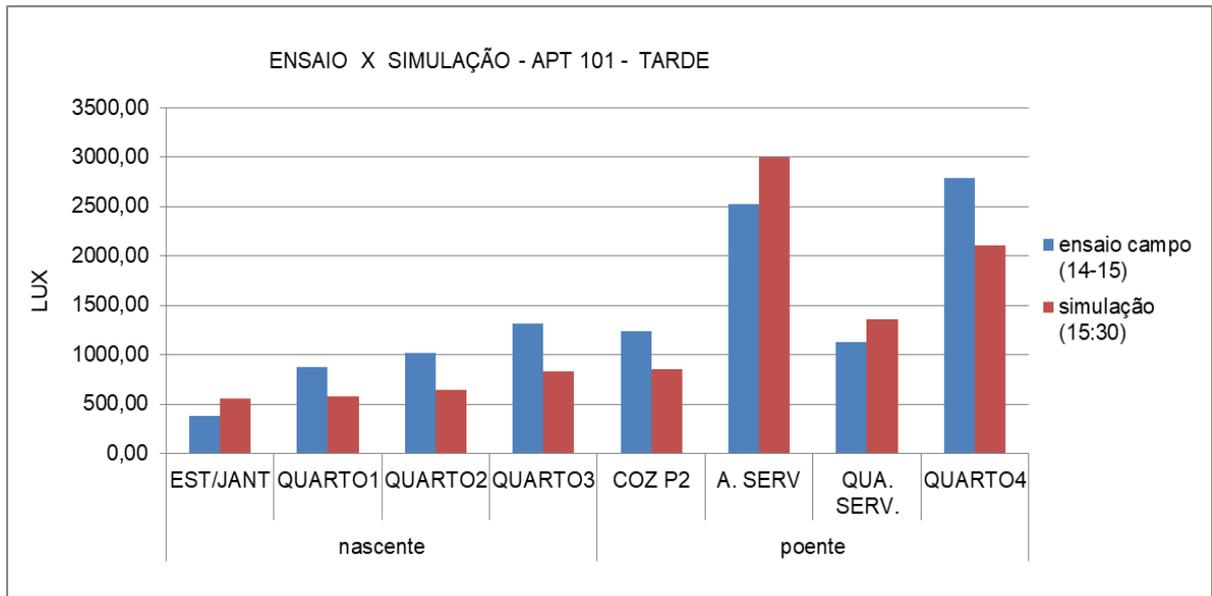
Da maneira análoga à figura 58 foi elaborado o Gráfico da figura 58, porém para o dia 23 de outubro na simulação, às 15 horas e 30 minutos, comparando estes resultados com a média dos valores ensaiados, em lux.

Figura 58 - Simulação x Ensaio – apt 101 - manhã



Fonte: Fiori, 2020

Figura 59 - Simulação x Ensaio – apt 101 - tarde



Fonte: Fiori, 2020

Observando-se os dois gráficos, verifica-se que os resultados foram compatíveis tanto nos horários correspondentes para o período da manhã (9-10/ 9:30) como para o período da tarde (14-15/ 15:30).

4.4.1 Fatores de influência estudados

Os fatores de influência discutidos neste estudo serão comparados um a um, sempre fazendo um paralelo entre a simulação e o ensaio de campo.

- No que se refere à variação do horário ao longo do dia, os Gráficos das figuras 23 e 39 nos quais são apresentadas as variações no apartamento 101, no dia 22/05/2018, observa-se comportamento bem semelhante em ambos os gráficos. O quarto 1 (nascente) começa com a iluminância próxima a cinco mil lux e termina próxima a mil lux em ambos. O cômodo poente começa abaixo de mil lux e termina o dia num valor intermediário, próximo a mil e quinhentos lux. Nos dois casos os gráficos se cruzam na faixa com horário intermediário.

- Em relação a posição dos cômodos (nascentes x poentes), analisando os Gráficos representados nas figuras 9 e 23, nota-se a semelhança entre eles. Cômodos nascentes: com as maiores iluminâncias, com destaque para os quartos 1, 2 e 3. A diferença entre o horário da manhã bem maior nos cômodos nascentes, em destaque em ambos os gráficos. O horário entre meio dia e 13 horas com valores de iluminância intermediário também para os dois métodos avaliados. Cômodos poentes: valores de iluminâncias muito próximos, nos dois gráficos, nos dois horários, inicial e o final. Apenas o horário intermediário mostrou, no ensaio, valores maiores para o ensaio *in loco*, ultrapassando o horário das 14 horas às 15 horas na cozinha, quarto de serviço e área de serviço. No quarto 4 os dois gráficos são muito semelhantes. De forma geral, podemos dizer que os quatro quartos tiveram exatamente o mesmo comportamento gráfico.
- Acabamento: O comportamento dos gráficos vistos nas duas técnicas é bastante semelhante. O apartamento 102 tem as menores iluminâncias, o cômodo nascente tem iluminâncias maiores que o poente, ao observar por apartamento, as diferenças de iluminâncias entre os cômodos são bem parecidas em ambas as técnicas utilizadas. Na simulação os valores das iluminâncias são um pouco mais baixos que no ensaio *in loco*.

4.4.2 Critérios normativos

Avaliando as duas técnicas conforme preconiza a NBR 15575 (ABNT, 2013), ressaltando que a simulação é feita em lux e o ensaio em FLD.

De acordo com as tabelas 11 e 12 do ensaio e as tabelas 16 e 17 da simulação, realizando uma análise comparativa no que concerne a iluminância das unidades habitacionais estudadas, seguem algumas considerações:

- Aspecto geral: na simulação todos os cômodos se apresentam dentro dos critérios mínimos de desempenho. Já no ensaio *in loco*, a sala ficou abaixo do critério mínimo em três pontos de coleta sendo um de 9 às 10 horas e dois das 13 às 14 horas. Isto significa que em ambas as

técnicas, em 99,63% das análises o resultado foi convergente, com os cômodos obtendo classificação aprovado segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013);

- Em relação à iluminância dos cômodos: o menor valor medido, tanto no ensaio como na simulação, foi obtido na sala. Na simulação, para o horário das 9 horas e 30 minutos, o cômodo com menor incidência de luz foi a cozinha, enquanto que no horário das 15 horas e 30 minutos, o cômodo com menor incidência foi em sua maioria, a sala. Da mesma forma no ensaio *in loco* a cozinha foi o cômodo de menor incidência de luz para o intervalo das 9 as 10 horas, bem como a sala foi o cômodo com menor incidência de luz das 14 as 15 horas;
- Na simulação todos os cômodos se apresentam dentro dos critérios mínimos de desempenho;
- Já no ensaio *in loco*, a sala ficou abaixo do critério mínimo em três pontos de coleta sendo um de 9 às 10 horas e dois pontos no intervalo das 13 às 14 horas.
- Apesar da divergência aparente, vale salientar que foram realizados ensaios oito cômodos de quatro apartamentos, cada cômodo medido de hora em hora, por 6 horas diárias, durante quatro dias consecutivos o que totaliza 768 pontos de coleta. Isto significa que em ambas as técnicas, em 99,63% das análises o resultado foi convergente, com os cômodos obtendo classificação aprovado segundo a NBR 15575 (ABNT, 2013).

Mesmo com as divergências observadas, de maneira geral, a técnica de simulação computacional se mostrou compatível para realização da obtenção do requisito de iluminação natural.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação do conceito de desempenho precisa ser incorporada ao ambiente brasileiro da construção civil. A Norma de Desempenho é hoje uma realidade e as construtoras precisam se adequar a ela. Ela traz no seu escopo a preocupação com aspectos ambientais e tem como princípio o atendimento os requisitos dos usuários, desta forma se torna um instrumento imprescindível para melhoria da qualidade das habitações residenciais.

No tocante ao desempenho de Iluminação Natural tratado na Norma algumas considerações devem ser feitas e com este intuito foi desenvolvido este estudo trazendo algumas contribuições no que diz respeito à forma de execução dos procedimentos do ensaio para iluminação Natural.

a) Aspectos gerais – procedimentos de coleta

Antes mesmo de iniciar o ensaio, verificou-se que o aparelho utilizado é bastante sensível. Como seu uso se faz segurando numa das mãos do executor do ensaio, qualquer movimento, por mais suave que seja, gera alteração na leitura, além disso, a sombra do operador também é um fator de influência. Diante dessas observações é notório que os ensaios não devem ser realizados desta forma. Um apoio, que proporcione estabilidade ao aparelho e o mínimo contato com o operador, com objetivo de diminuir a influência da sombra produzida por ele. é de fundamental importância para uma maior precisão na leitura da iluminância, de forma que não é recomendado que o ensaio seja feito sem este tipo de dispositivo, como é feito hoje. Sugere-se um apoio onde a base seja tipo tripé, por proporcionar maior estabilidade utilizando o axioma básico da geometria espacial na qual um plano é formado por três pontos, portanto, utilizando-se este modelo quando se busca maior estabilidade, devendo vir acompanhado de instrumento para nivelamento (nível).

b) Ensaio de campo

b.1) Influência do horário de realização da medição no local

- Em relação ao horário estabelecido pela norma para a realização do ensaio *in loco*, o estudo de caso tornou evidente que o intervalo de tempo dado proporciona uma variação enorme, podendo trazer resultados totalmente diferentes para o mesmo cômodo ao longo do dia, alterando o resultado, com a possibilidade de classificar um apartamento num nível diferente do que de fato está ou até mesmo conduzir o ensaio para o melhor horário que convier, distorcendo o real resultado.
- O estudo mostra que dos 16 casos analisados, em 14 O Fator de Luz Diurna (FLD) ficou mais coeso, isto é, com menor dispersão, em todos os cômodos da unidade habitacional, no intervalo das 11 horas até às 14 horas. Além disso, em todos os casos de menor dispersão de resultados, estes eram os menores valores possíveis, ou seja, neste intervalo, tem-se a pior situação de iluminância da unidade, sendo assim, o melhor intervalo para a medição. Diante do que foi exposto, para que se obtenha um resultado com menor variação de iluminância e também para que seja coletada na situação de menor incidência de luz, pois para o ensaio seria a situação ideal, sugere-se, como fator de redução, um intervalo de coleta mais compacto, com diminuição do intervalo normativo para a realização do ensaio, de seis para três horas, devendo a coleta no local passar a ser das 11 horas às 14 horas e não mais os atuais 9 às 15 horas.

b.2) Influência da posição do cômodo (nascente x poente)

As unidades com terminação 02, do estudo, apresentaram resultados de iluminância superiores aquelas de terminação 01. Enquanto as primeiras contem salas e quartos voltados para leste e norte as segundas possuem estes cômodos voltados para leste/ sul.

Os cômodos nascentes (fachada voltada para leste) mostraram melhor iluminância do que os cômodos poentes para todos os horários do dia, com os maiores valores registrados.

Apartamentos de terminação 02 apresentaram predominância de iluminância em todos os horários nos cômodos nascentes.

b.3) Influência do acabamento na medição realizada *in loco*

Ficou evidente que o revestimento faz diferença no resultado final para uma melhor iluminação interna. Resultados do ensaio e da simulação vieram corroborar com o que já recomenda a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

c) Classificação conforme norma

- Dos 768 pontos de coleta obtidos apenas com ensaio de campo apenas três pontos estiveram abaixo do mínimo recomendado pela norma. Além disso, um ponto obteve o nível mínimo de desempenho, quatro pontos, classificados na faixa de iluminação nível intermediário e todo o resto com desempenho lumínico superior.

A sala obteve os menores valores de iluminância com três pontos com valores abaixo do nível mínimo estabelecido pela norma. Dependendo do dia e horário escolhido para coleta, a sala estaria dentro do padrão de classificação.

- Simulação computacional: a simulação feita conforme norma, resultou em apenas um ponto como nível intermediário e todos os outros como nível superior, não apontando nenhum cômodo com iluminância insuficiente. Apesar de divergir do ensaio neste ponto, compreende-se que a simulação trata os resultados em função de várias variáveis ao longo de um ano, portanto de forma geral, considera-se a simulação confiável para a realização da análise de iluminação natural uma vez que outros resultados apontados como a sala sendo o ambiente de valores mais baixo e a iluminância mais baixa no apartamento 102 foram totalmente compatíveis com o ensaio.

d) Comparação entre as técnicas (ensaio *in loco* x simulação computacional)

d.1) Critérios normativos

A avaliação do menor valor de incidência de luz coincidiram para os mesmos apartamentos e mesmos cômodos nos horários correspondentes. Quanto ao acabamento também houve convergência nas iluminâncias das unidades, ficando evidente a diferença de iluminação do apartamento 102 para os dois métodos. A única divergência ocorreu em relação à habilitação conforme NBR 15575 (ABNT, 2013), uma vez que todos os cômodos foram aprovados na simulação e houve três medições na qual os cômodos não atingiram o critério mínimo de iluminância.

d.2) Simulação para os dias 22, 23, 24 e 25 de maio 2018

Foram encontradas algumas divergências no que tange o mínimo exigido nos critérios de avaliação normativos entre as duas técnicas na unidade 102, porém na unidade 101 todos os valores convergiram de maneira que se observa a influência direta da ausência de acabamento nos resultados obtidos na simulação. Além das tendências de comportamento do apartamento 101, a compatibilidade de resultados ocorreu em mais de oitenta por cento dos casos, o que faz com que a simulação computacional mostre-se coerente na realização do ensaio de iluminação natural.

De forma geral, percebe-se que a simulação foi representativa e se assemelhou ao ensaio em campo e mostra-se uma técnica válida para a obtenção do requisito de iluminação natural, utilizando o software DialuxEvo.

Por fim, é importante evidenciar que o ensaio de campo para iluminação natural possui muitas variáveis que influenciam diretamente no resultado e fatores como uma base de apoio para o aparelho de medição e a escolha de um horário mais apropriado de coleta, precisam ser reavaliados a fim de diminuir estas interferências, proporcionando um resultado mais consistente aos ensaios realizados em campo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Norma de Desempenho**. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Iluminação natural – Parte 3: Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos**. NBR 15215 – 3. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior**. NBR ISO/CIE 8995-1. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **A Normalização e a Certificação em um mercado de livre concorrência**. Disponível em: <http://www.abnt.org.br/noticias/6210-editorial-a-normalizacao-e-a-certificacao-em-um-mercado-de-livre-concorrencia>. Acessado em: 27 de dezembro de 2018.

AMORIM, C.N.D.; **Illuminazione Naturale, Confort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali: Proposte Tecnologiche e Progettuali in contesto di clima Tropicale. Tese (Dottorato di Ricerca in Tecnologie Energetiche e Ambientali per lo Sviluppo)** - Centro Studi Interuniversitario sui Paesi in via di Sviluppo, Università degli Studi di Roma La Sapienza, 2002.

BARBOSA, A. C. **Estudo Fotométrico de Lâmpadas de LED** . I workshop de iluminação a LED- CEPEL/ ELETROBRAS, 2012. Disponível em: <<https://www.listas.unicamp.br/pipermail/dicasdeiluminacao-l/20120925/000676.html>>. Acessado em: 10 de Dezembro 2018.

BERTOLOTI, D. **Iluminação natural em projetos de escolas: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia**. São Paulo, 2007. 160p. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo.

BORGES, C. A. M. **O conceito de desempenho de edificações e sua importância para o setor da construção civil no Brasil**. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008.

BORGES, C. A. M. **O significado de desempenho nas edificações. Construção Mercado**, 2010. Disponível em: <<http://construcaomercado17.pini.com.br/negocios-incorporacao-construcao/103/norma-de-desempenho-o-significado-de-desempenho-nas-edificacoes-282364-1.aspx>>. Acesso em: 10 de Dezembro 2018.

BORTOLAN, G. M. Z; FERREIRA , M. G. G.; TEZZA, R. Conforto e Desconforto: Revisão de Conceitos e Elaboração de um modelo de conforto visual, HFD, v.8, n.15, p. 67-84, Santa Catarina, 2019

CBIC. **Desempenho de Edificações Habitacionais - Guia Orientativo para Atendimento para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575/2013**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Brasília. 2013.

CIB. About CIB. **International Council for Research and Innovation in Building and Construction**, 2018. Disponível em: http://www.cibworld.nl/site/about_cib/index.html. Acesso em: 19 de Setembro 2018.

CORBIOLI, N. **Construtoras estão descobrindo os caminhos para superar dúvidas e dificuldades para o atendimento da nbr 15.575**. Revista téchne, n. 235. 2016. Disponível em: <https://techne.pini.com.br/2016/10/construtoras-estao-descobrimdo-os-caminhos-para-superar-duvidas-e-dificuldades-para-o-atendimento-da-nbr-15-575/>. Acesso em: 01 de dezembro 2018.

CORDOVIL, L. A. B. L. **Estudo da ABNT NBR 15575 – “Edificações habitacionais – Desempenho” e possíveis impactos no setor da construção civil na cidade do Rio de Janeiro**. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2013.

ERBS, A.; OLIVEIRA, C. J.; CATAI, R. E. **Comparativo entre Iluminância de ambientes em instituições de ensino pública e privada**. Revista Espacios, International Journal of Industrial Ergonomics, volume 38, nº 61 ,p 07-15, 2017. Disponível em: <http://www.revistaespacios.com/a17v38n61/17386107.html>. Acesso em: 22 de Setembro 2018.

FERREIRA, M. J. B. **Relatório de desenvolvimento setorial da indústria. 2008**.

GALVÃO, W.; D ´OTAVIANO, C. **A luz na arquitetura e na cidade**. Cienc. Cult. vol.67 no.3 São Paulo, 2015. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602015000300015> Acesso em: 17 de novembro de 2018.

GIBSON, E.J. , coord., **Working with the Performllance Approach in Building . Rotterdam**. CIB w060. 1982. (CIB state of the art report n. 64)

GUERRINI, D. P. **Iluminação Teoria e Projeto**. 2 edição. São Paulo, Érica, 2011.

GILLEN, T. **Avaliação de desempenho**. São Paulo: Nobel, 2000.
Gomes, S. B. V. **A indústria aeronáutica no Brasil: evolução recente e perspectivas**. Revista do BNDES, Rio de Janeiro, p. 141-142, 2012.

HUOVILA, P.; **Performance Based Building**. VTT – Technical Research Centre of Finland, and RIL – Association of Finnish Civil Engineers. Finlândia. 2005.

KALJUN, J.; DOLSAK, B. Ergonomic design knowledge built in the intelligent decision support system. **International Journal of Industrial Ergonomics**, **42 (1)**, **162-171**, 2012. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016981411100134X>. Acesso em: 12 de Setembro 2018.

KERN, A. P.; SILVA, A.; KAZMIERCZAK, C. S. **O processo de implantação de normas de desempenho na construção: um comparativo entre a Espanha (CTE) e Brasil (NBR 15575/2013)**. Gestão e Tecnologia de Projetos, São Paulo, v. 9, n. 1, p. 89-101, jan./jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v9i1.89989>. Acessado em 5 de Março 2019.

LAMBERTS, R. **Desempenho Térmico de Edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Março de 2016.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R.. **Eficiência energética na Arquitetura**. 3 edição. Rio de Janeiro, Eletrobrás/ PROCEL, 2014.

MACÊDO, C.C. **Análise de desempenho térmico e luminoso de sistemas de iluminação natural que utilizam a luz direta do sol**. Dissertação (mestrado). Universidade federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2002.

MEREB, M. P. *et al.* **Guia para Arquitetos na aplicação da norma de desempenho 15.575**. Conselho de Arquitetura e Urbanismo-CAU/BR, 2015.

NEELY, a. **Business Performance and Measurement – Theory and Practice**. Cambridge University Press, UK, 2004

NETO, C.S.A.; NETO, F.M.; NETO, J.F.D.; VITALE, O. **Norma de Desempenho – um marco regulatório na construção civil – manual de orientação**. Belo Horizonte, 2015 . Disponível em: <http://precisao.eng.br/public/manual-nd.pdf>. acesso em: 15 de maio de 2018.

OKAMOTO, P.S. **Os impactos da Norma brasileira de desempenho sobre o processo de projeto de edificações residenciais**. 160 p. Dissertação (Mestrado). Escola Politécnica da universidade de São Paulo. São Paulo, 2015.

PEREIRA, R. C.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. **Caracterização da contribuição do entorno na avaliação da iluminação natural em edificações.** 2008

POSSAN, e.; DEMOLINER, C.A. **desempenho, durabilidade e vida útil das edificações: Abordagem geral.** Revista técnico científica do CREA/PR. 1 edição. 2013

REINHART, C.; FITZ, A. **Findings from a survey on the current use of daylight simulations in building design.** Energy and Buildings, v. 38, p 824-835, 2006.

ROBBINS, C. L. **Daylighting: Design and Analysis.** New York: Van Nostrand Reinhold Company, 1985 **aeronáutica**, vol. III, Julho, 2009.

SACHS, A; NAKAMURA, J. **Desempenho revisado: Publicada em fevereiro, nova Norma de Desempenho passa a valer para todos os edifícios habitacionais construídos no País** revista téchne, n. 192, 2012 : disponível em: <http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/192/artigo288027-1.aspx>. Acesso em: 01 de dezembro de 2018.

SARAIVA, A. G.; BAUER, E.; BEZERRA, L. M. **A norma está pegando.** Revista téchne, v. 2, n. 235, pp. 11-16. 2016.

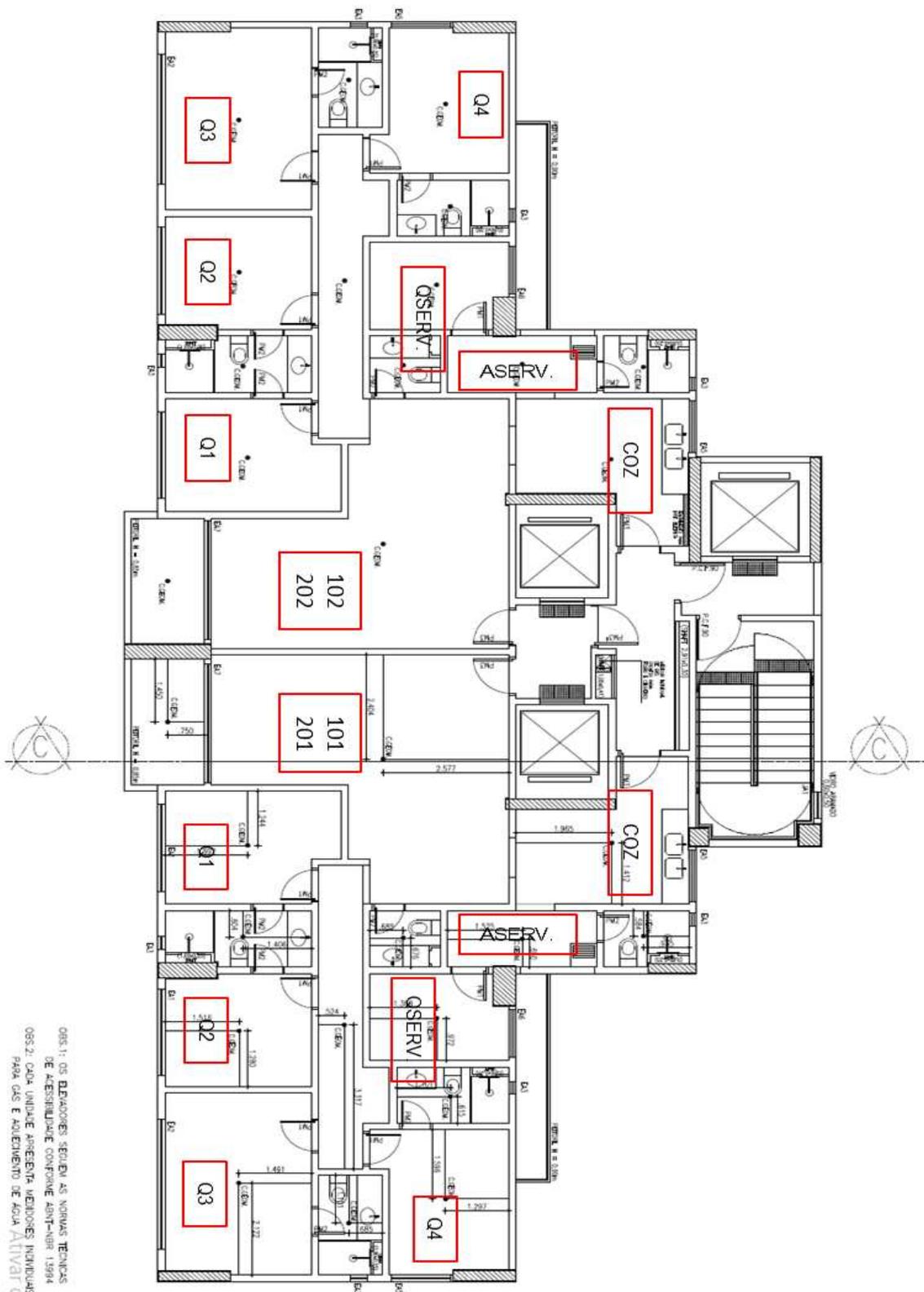
SHIN, H. B. **Norma de desempenho NBR 15575: estudo das práticas adotadas por construtoras e dos impactos ocorridos no mercado da construção civil.** Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2016.

SILVA, M.L. da. **Luz, Lâmpadas e Iluminação.** Rio de Janeiro, Editora Ciência Moderna Ltda, 2004.

VIEIRA, M. M. Aproveitamento da luz natural como estratégia para eficiência energética em edifícios. Revista especializa. Porto Alegre. Rio Grande do Sul, 2016

(<https://michaelis.uol.com.br/moderno-portugues/busca/portugues-brasileiro>)

APÊNDICE A - PLANTA BAIXA DO APARTAMENTO TIPO



OBS.1: OS ELEVADORES SEQUEM AS NORMAS TÉCNICAS
 DE ACESSIBILIDADE CONFORME ABNT-NBR 15904
 OBS.2: CADA UNIDADE APRESENTA MEMÓRIAS INDIVIDUAIS
 PARA GAS E AQUECIMENTO DE ÁGUA ATIVAR O W
 Acesso Config

APÊNDICE B – TABELAS DO ENSAIO *IN LOCO* (valores em FLD)

DIA 22 / 05/ 2018							
	FLD						
	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com muitas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	
AMB. EXTERNO	8900	7880	15000	6410	3420	5140	
APT 101	EST/JANT	18,09	13,20	5,33	7,57	13,60	10,51
	COZ P2	6,88	14,09	5,33	29,64	64,91	48,25
	A. SERV	11,91	17,39	15,00	94,70	12,22	31,13
	QUA. SERV.	9,73	19,42	7,40	28,55	46,78	26,26
	QUARTO1	55,96	35,28	19,53	19,19	29,24	19,26
	QUARTO2	73,82	39,09	21,20	21,06	32,75	23,74
	QUARTO3	49,21	48,48	25,33	27,15	42,11	33,46
	QUARTO4	14,16	20,30	16,13	40,09	84,21	88,91
APT 102	EST/JANT	4,65	3,64	1,09	2,36	3,07	2,30
	COZ P2	4,12	8,83	2,34	6,86	10,23	7,98
	A. SERV	5,64	14,09	3,33	10,03	12,28	11,71
	QUA. SERV.	5,92	10,70	3,47	10,11	16,64	14,11
	QUARTO1	60,45	37,31	17,07	26,05	33,92	16,15
	QUARTO2	58,20	43,40	24,53	35,41	39,47	22,37
	QUARTO3	38,65	26,02	15,73	25,74	27,49	17,41
	QUARTO4	15,17	12,82	5,95	16,85	19,04	15,27

DIA 22 / 05/ 2018							
		FLD					
		9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens	chuviscando	sol com poucas nuvens	sol com poucas nuvens
AMB. EXTERNO		11210	11450	13200	6580	3310	3030
APT 201	EST/JANT	6,82	4,52	3,35	2,39	6,65	6,34
	COZ P2	4,70	5,20	9,39	5,40	55,29	66,34
	A. SERV	12,76	14,15	29,17	12,54	98,49	178,22
	QUA. SERV.	8,16	11,27	14,77	11,93	67,67	88,78
	QUARTO1	29,88	15,63	16,89	12,07	25,68	18,84
	QUARTO2	45,41	23,06	27,65	19,00	31,72	29,44
	QUARTO3	58,70	29,52	34,70	23,10	48,64	38,61
	QUARTO4	12,49	15,28	20,83	15,65	109,37	31,02
APT 202	EST/JANT	14,99	9,26	6,64	9,21	12,36	12,34
	COZ P2	6,07	5,33	8,11	12,92	23,50	17,82
	A. SERV	14,99	6,71	10,76	20,82	23,32	23,14
	QUA. SERV.	9,01	7,69	11,29	18,24	28,76	24,09
	QUARTO1	45,05	37,38	23,11	21,88	34,44	32,34
	QUARTO2	48,62	47,34	35,61	26,29	41,09	37,95
	QUARTO3	37,82	50,66	37,05	27,51	42,90	40,26
	QUARTO4	11,51	9,87	10,68	22,34	25,23	28,88

23 / 05/ 2018							
	FLD						
	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	ensolarado c nuvens						
AMB. EXTERNO	8230	16300	16300	12800	9800	3900	
APT 101	EST/JANT	3,92	7,42	4,34	3,35	5,13	4,92
	COZ P2	4,24	4,54	5,41	11,17	22,86	17,56
	A. SERV	6,38	10,43	11,78	22,34	52,35	109,74
	QUA. SERV.	6,32	6,20	7,06	10,63	19,69	19,21
	QUARTO1	41,43	16,50	11,66	6,65	17,96	19,77
	QUARTO2	48,97	20,43	12,82	7,36	22,14	20,03
	QUARTO3	32,32	20,37	13,50	9,84	20,71	22,05
APT 102	QUARTO4	10,26	11,96	15,21	23,75	17,35	3,33
	EST/JANT	20,29	1,36	0,99	0,81	1,26	2,54
	COZ P2	7,59	2,40	2,18	3,06	6,58	6,26
	A. SERV	16,04	3,79	2,82	3,91	6,40	9,21
	QUA. SERV.	12,64	3,69	3,18	4,92	9,28	10,69
	QUARTO1	49,57	15,34	10,61	9,06	11,22	22,05
	QUARTO2	60,39	19,51	14,48	12,19	13,57	27,44
	QUARTO3	52,73	11,72	8,90	8,28	10,71	19,18
QUARTO4	17,86	6,99	5,15	5,27	6,30	17,51	

23 / 05/ 2018							
	FLD						
	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	ensolarado c nuvens						
AMB. EXTERNO	14700	17600	15500	12500	10000	20600	
APT 201	S. ESTAR	13,27	4,73	3,83	4,32	3,65	1,71
	COZ P1	2,46	2,80	5,09	6,84	11,00	9,51
	COZ P3	3,71	3,10	5,14	6,94	9,41	7,62
	QUA. SERV.	4,60	6,99	9,35	12,88	16,10	12,52
	QUARTO1	37,07	7,95	7,61	73,84	10,40	5,24
	QUARTO2	33,06	15,80	10,71	10,80	11,70	9,37
	QUARTO3	31,22	22,84	14,39	13,52	15,30	11,41
APT 202	QUARTO4	6,32	13,01	18,58	23,20	31,90	8,69
	S. ESTAR	5,77	5,91	4,30	3,54	4,11	1,57
	COZ P1	3,07	2,84	3,48	4,06	6,12	2,46
	COZ P3	2,35	3,26	4,37	5,18	5,75	2,77
	QUA. SERV.	5,14	5,26	7,55	7,96	9,84	9,51
	QUARTO1	17,89	16,65	29,03	9,60	9,40	3,76
	QUARTO2	50,68	23,64	13,74	11,76	10,50	4,49
QUARTO3	60,14	29,89	14,77	13,04	12,80	5,00	
QUARTO4	10,48	6,14	54,97	60,40	74,80	3,35	

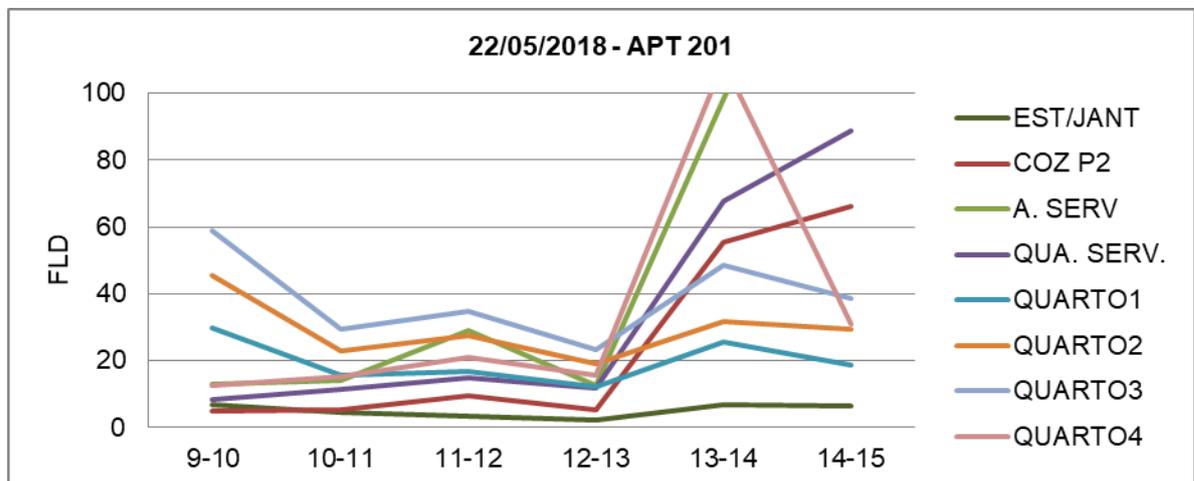
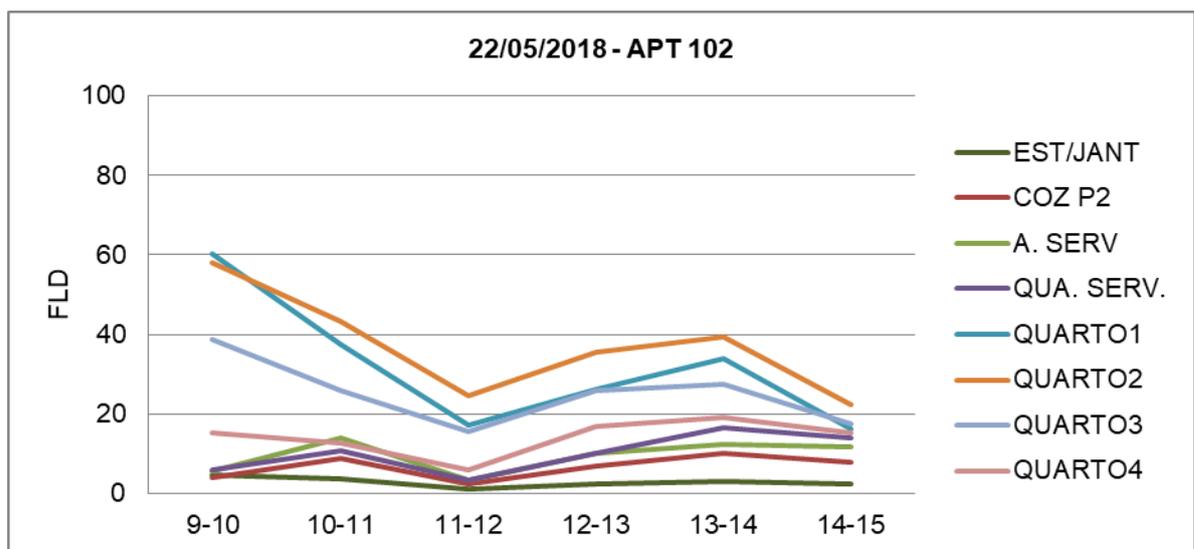
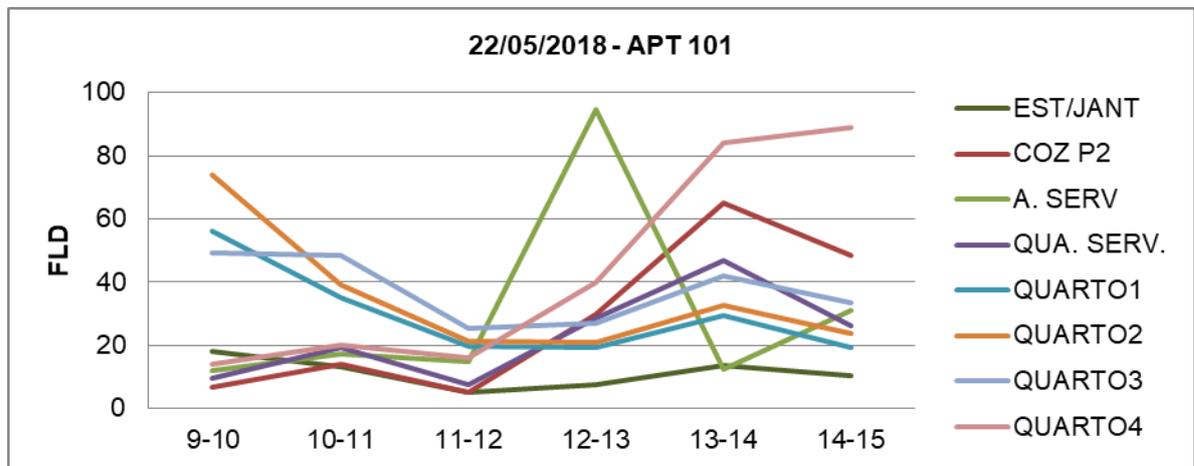
24/ 05 / 2018							
	FLD						
	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	Sol com poucas nuvens						
AMB. EXTERNO	68110	7840	10900	19800	4750	3790	
APT 101	EST/JANT	2,19	6,65	5,96	2,52	9,79	14,25
	COZ P2	0,92	8,27	5,45	9,19	46,74	65,44
	A. SERV	1,64	22,45	17,06	15,76	88,00	42,22
	QUA. SERV.	1,22	10,42	17,06	6,16	33,68	35,62
	QUARTO1	7,19	53,06	24,22	6,67	21,05	26,12
	QUARTO2	7,52	60,59	32,94	7,73	23,58	32,19
	QUARTO3	7,91	59,82	51,10	6,31	30,32	45,38
	QUARTO4	1,70	25,13	30,00	4,48	60,63	120,58
APT 102	EST/JANT	0,41	3,46	1,45	0,73	2,91	2,56
	COZ P2	0,50	5,55	5,96	2,05	7,05	8,44
	A. SERV	0,69	6,77	5,98	2,89	9,33	12,37
	QUA. SERV.	0,84	9,02	8,80	3,27	11,96	14,93
	QUARTO1	5,56	29,59	32,29	6,62	25,66	26,39
	QUARTO2	7,47	36,99	33,12	10,05	32,72	32,45
	QUARTO3	5,11	32,02	24,13	6,82	21,92	20,45
	QUARTO4	2,22	10,88	7,78	32,58	15,33	17,68

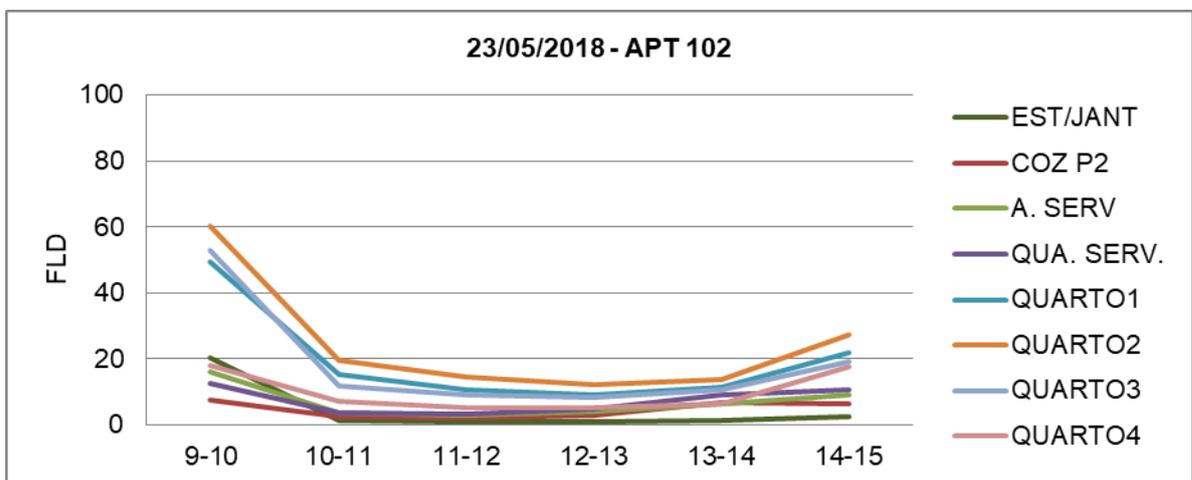
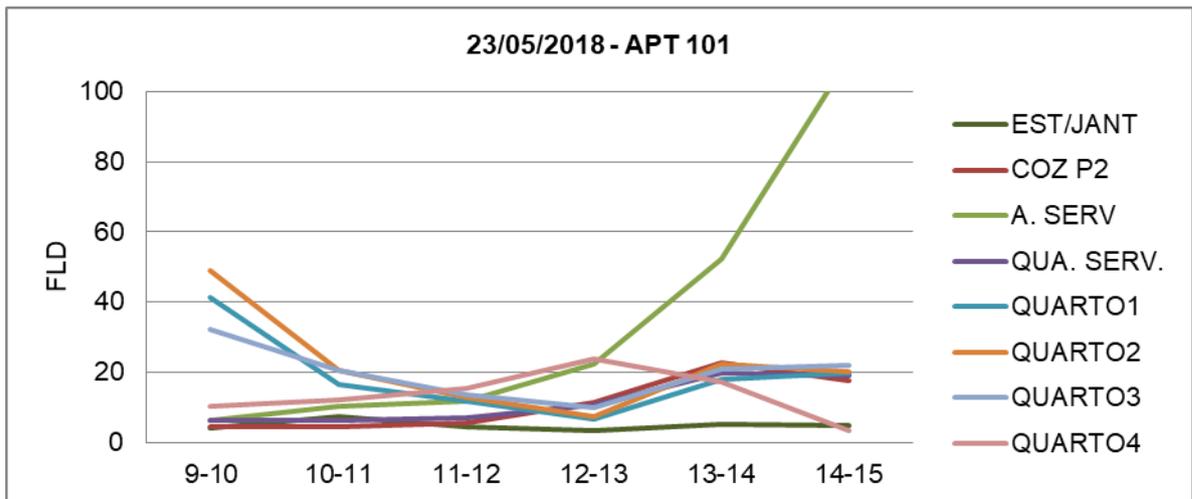
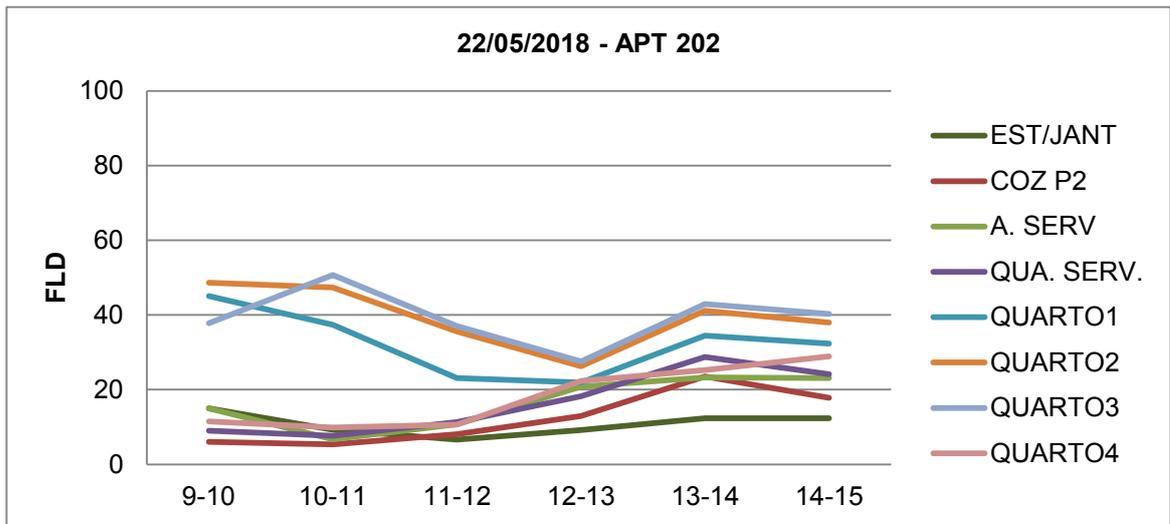
24/05/2018							
	FLD						
	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 - 13	13 - 14	14 - 15	
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS	ensolarado c nuvens						
AMB. EXTERNO	8370	8500	9050	9890	4080	3450	
APT 201	EST/JANT	21,62	5,09	53,15	55,21	10,69	10,90
	COZ P2	7,99	5,32	6,60	6,32	17,45	18,55
	A. SERV	10,24	12,82	10,91	10,62	19,41	22,99
	QUA. SERV.	11,41	25,41	7,82	8,04	22,30	25,54
	QUARTO1	59,98	13,65	13,81	14,16	29,22	31,30
	QUARTO2	63,08	36,94	17,13	17,49	34,68	35,65
	QUARTO3	71,92	64,94	28,40	28,72	36,89	38,61
	QUARTO4	16,25	19,06	13,37	18,60	20,76	25,94
APT 202	EST/JANT	9,80	6,78	8,64	5,97	5,91	8,17
	COZ P2	6,31	6,96	4,62	5,78	32,62	43,71
	A. SERV	15,41	11,61	6,30	6,75	58,33	103,48
	QUA. SERV.	10,94	10,99	8,44	8,28	34,56	43,48
	QUARTO1	37,63	24,71	24,31	27,20	21,79	25,39
	QUARTO2	55,20	31,65	38,67	28,31	30,37	31,30
	QUARTO3	86,62	32,94	88,40	35,39	43,04	60,00
	QUARTO4	13,98	8,58	35,36	75,83	64,95	102,03

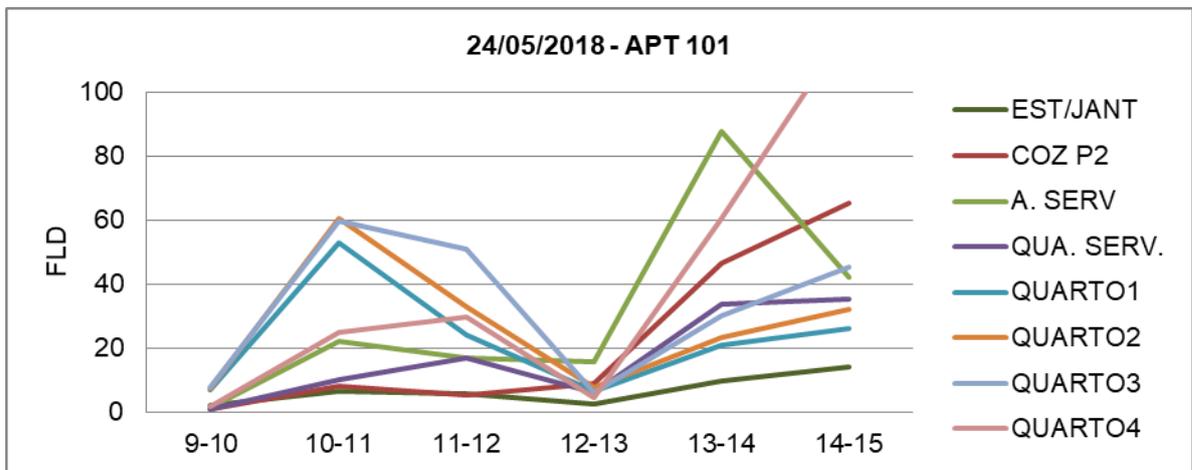
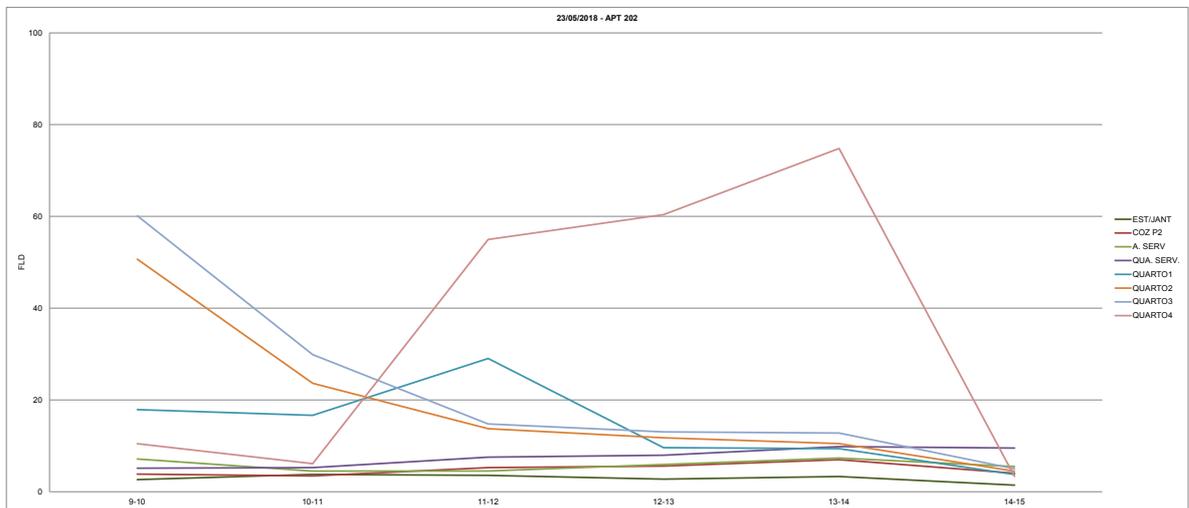
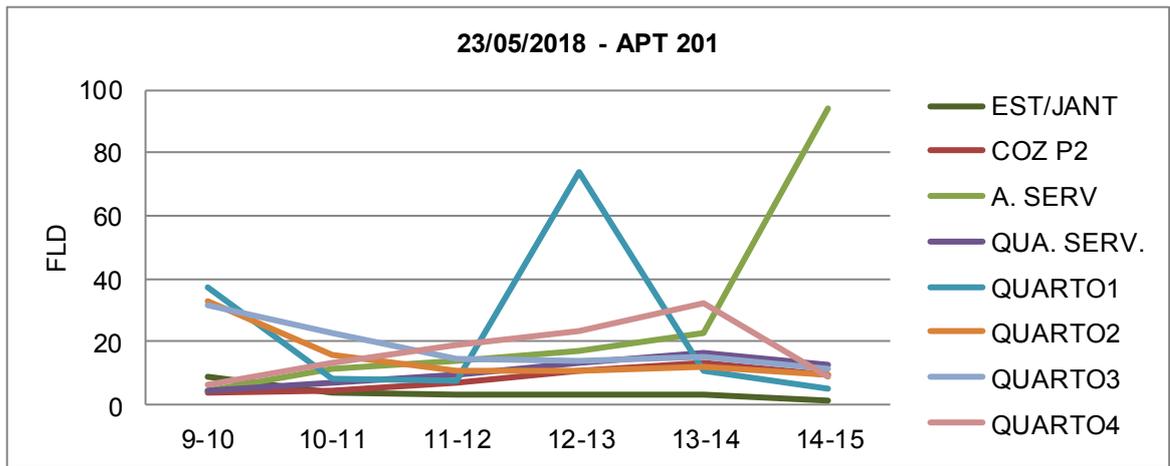
25/05/2018						
	FLD					
	9 - 10	10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		nublado	nublado	nublado c/ chuva	parcialmente nublado	sol com poucas nuvens
AMB. EXTERNO		11700	16900	20400	89600	7700
APT 101	EST/JANT	1,80	3,85	2,44	0,45	3,31
	COZ P2	5,15	3,51	7,94	0,91	13,99
	A. SERV	10,68	11,12	10,39	5,40	34,16
	QUA. SERV.	9,23	9,82	5,98	1,86	13,90
	QUARTO1	6,58	15,62	6,47	1,81	9,52
	QUARTO2	7,68	19,47	7,01	2,10	10,94
	QUARTO3	8,89	27,04	6,62	2,50	12,14
	QUARTO4	4,40	13,43	4,40	3,79	24,42
APT 102	EST/JANT	2,14	0,93	0,65	0,15	1,17
	COZ P2	6,92	3,58	1,90	0,74	8,14
	A. SERV	13,50	3,88	2,57	1,09	13,12
	QUA. SERV.	10,94	5,50	3,32	1,17	14,68
	QUARTO1	16,24	17,87	6,67	1,38	10,10
	QUARTO2	20,94	21,83	8,77	1,69	12,66
	QUARTO3	11,54	14,97	6,76	1,12	9,08
	QUARTO4	3,80	5,31	30,64	0,98	7,14

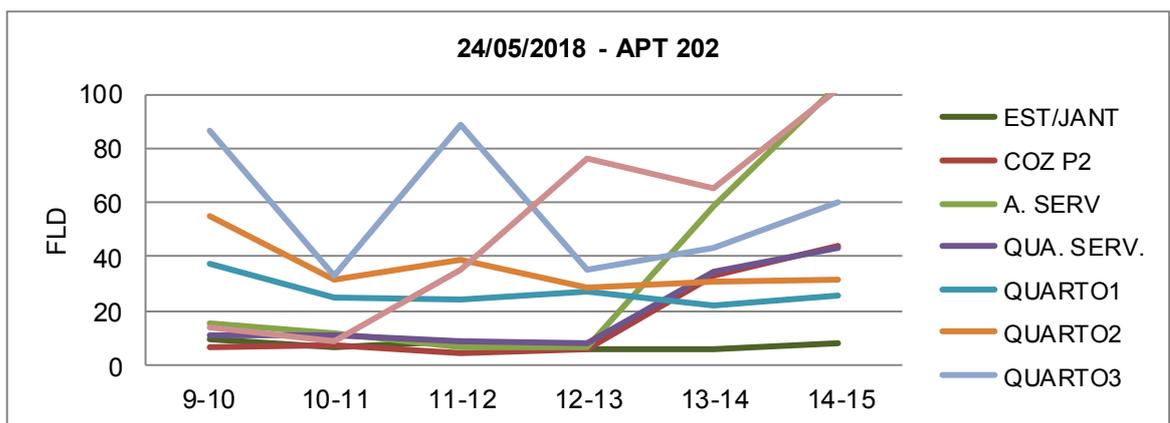
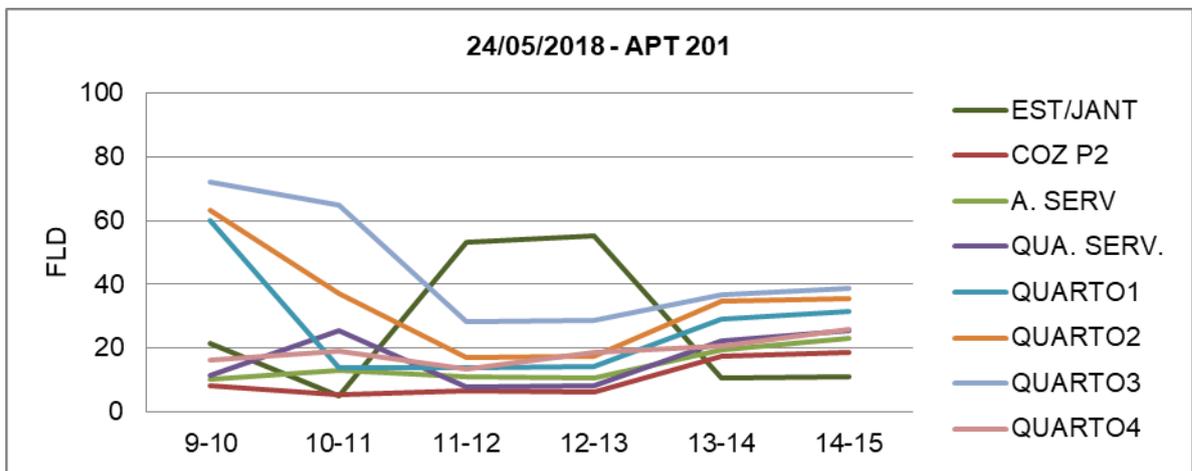
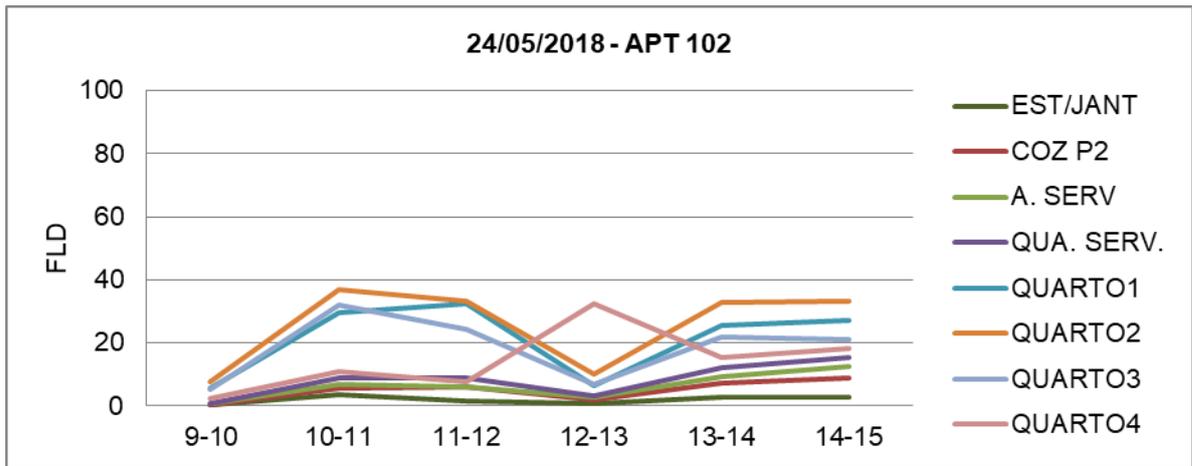
25/05/2018						
	9 - 10	FLD				
		10 - 11	11 - 12	12 -13	13 - 14	14 - 15
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS		nublado c/ chuva	nublado	nublado c/ chuva	parcialmente nublado	sol com poucas nuvens
AMB. EXTERNO		12600	24100	25100	16200	12900
APT 201	EST/JANT	3,00	1,66	1,36	2,64	2,56
	COZ P2	6,60	4,81	5,18	5,03	6,82
	A. SERV	9,76	15,19	7,41	6,37	39,07
	QUA. SERV.	12,38	9,21	8,96	8,24	17,83
	QUARTO1	29,13	6,97	4,70	9,35	9,41
	QUARTO2	39,13	13,24	6,89	12,59	17,44
	QUARTO3	49,44	17,51	8,49	13,52	20,16
	QUARTO4	14,60	5,02	7,65	3,74	25,19
APT 202	EST/JANT	11,35	2,31	2,41	1,79	3,81
	COZ P2	6,98	4,05	4,22	10,74	6,09
	A. SERV	8,02	5,48	3,36	32,16	7,40
	QUA. SERV.	10,24	5,98	5,10	14,14	8,35
	QUARTO1	32,78	7,59	7,37	9,20	11,78
	QUARTO2	41,03	10,71	9,56	145,68	14,81
	QUARTO3	45,71	11,49	10,48	16,91	16,05
	QUARTO4	12,70	5,31	4,26	10,49	7,01

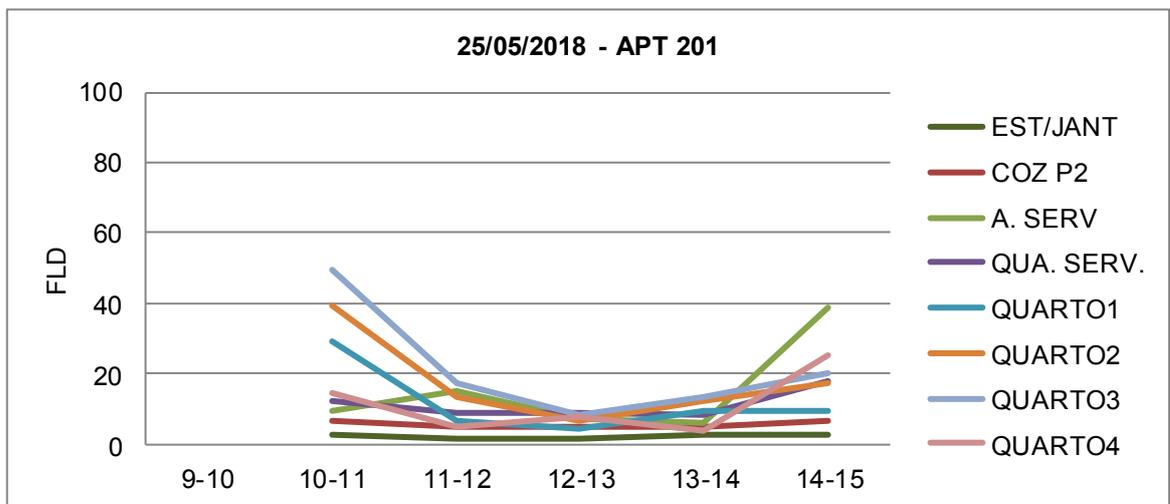
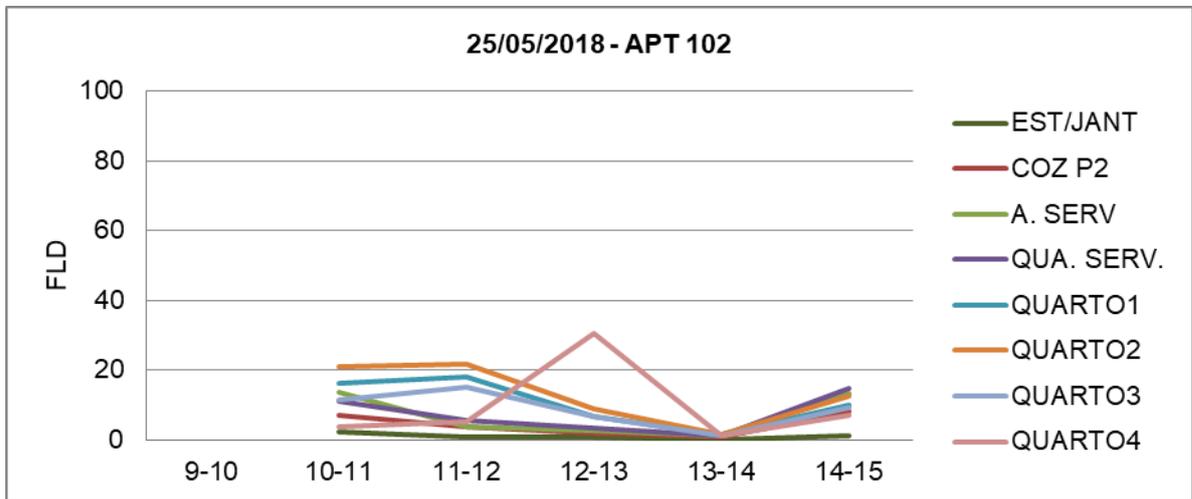
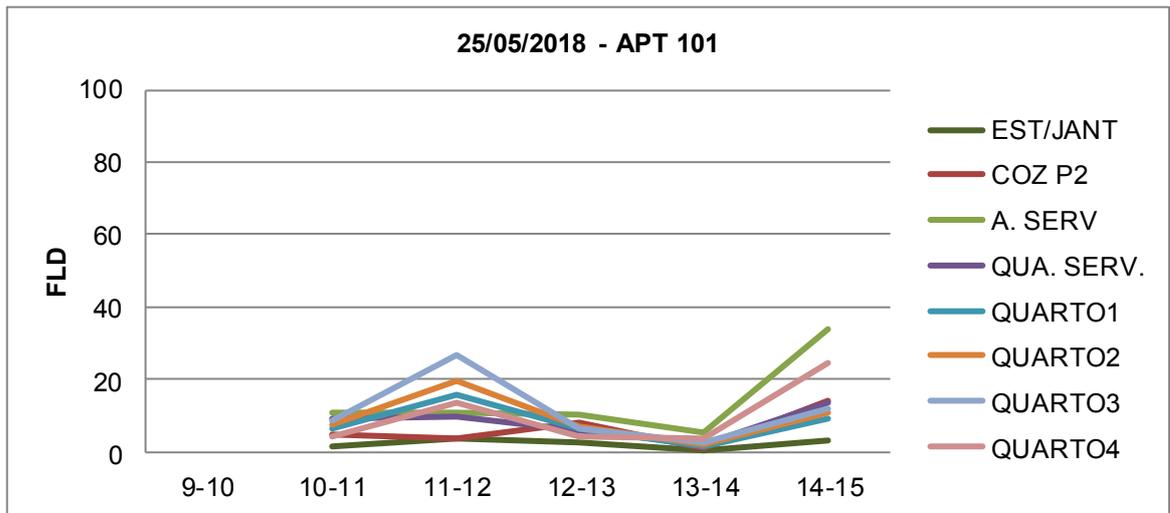
APÊNDICE C - GRÁFICOS DA VARIAÇÃO DA ILUMINANCIA AO LONGO DO DIA

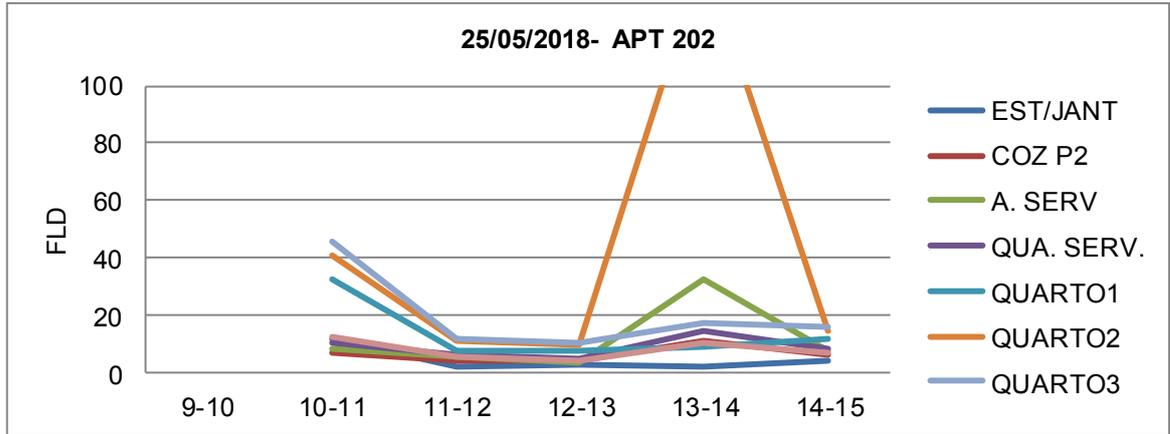






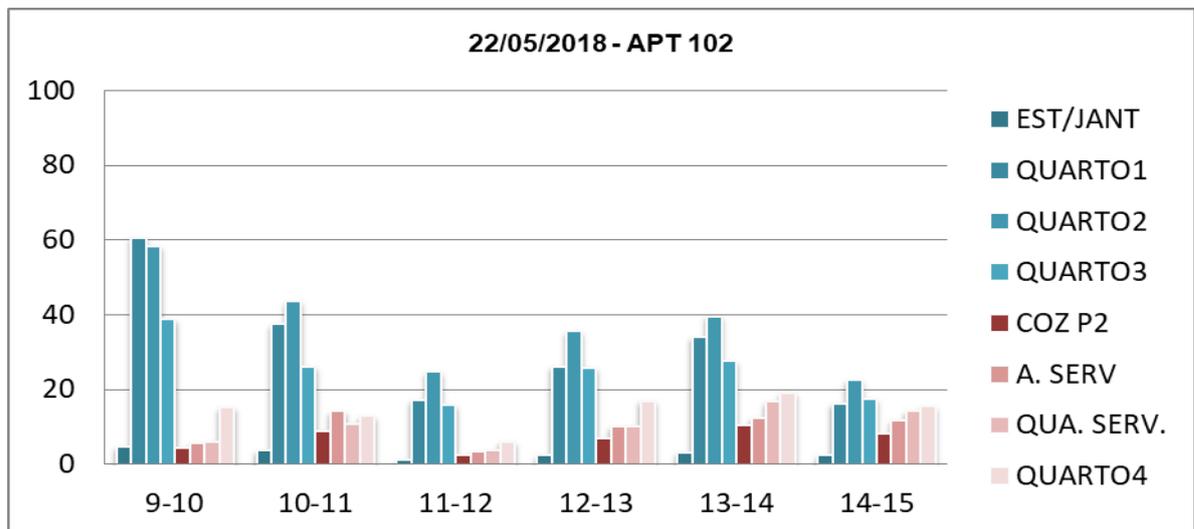
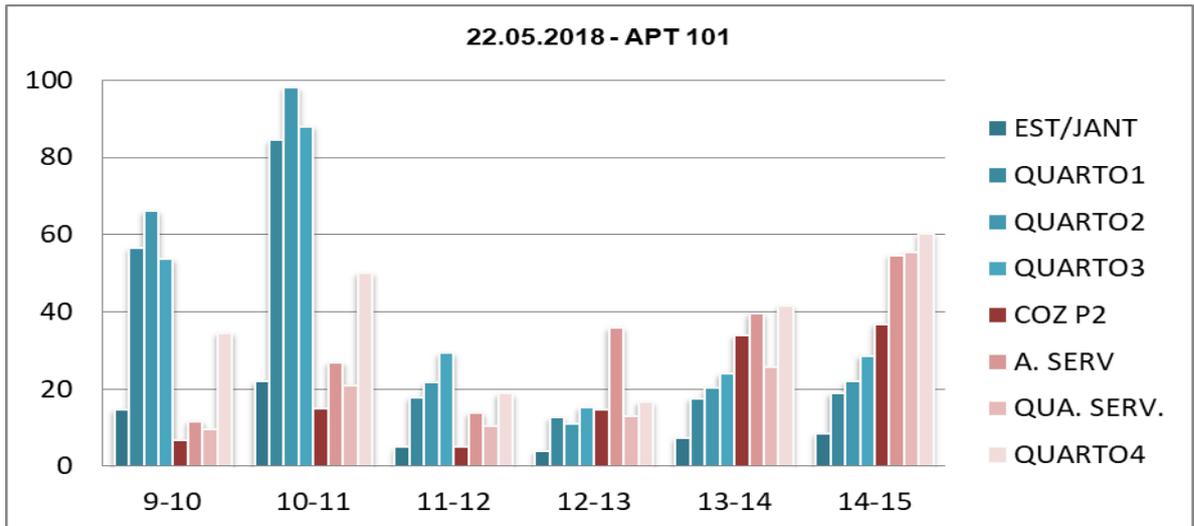


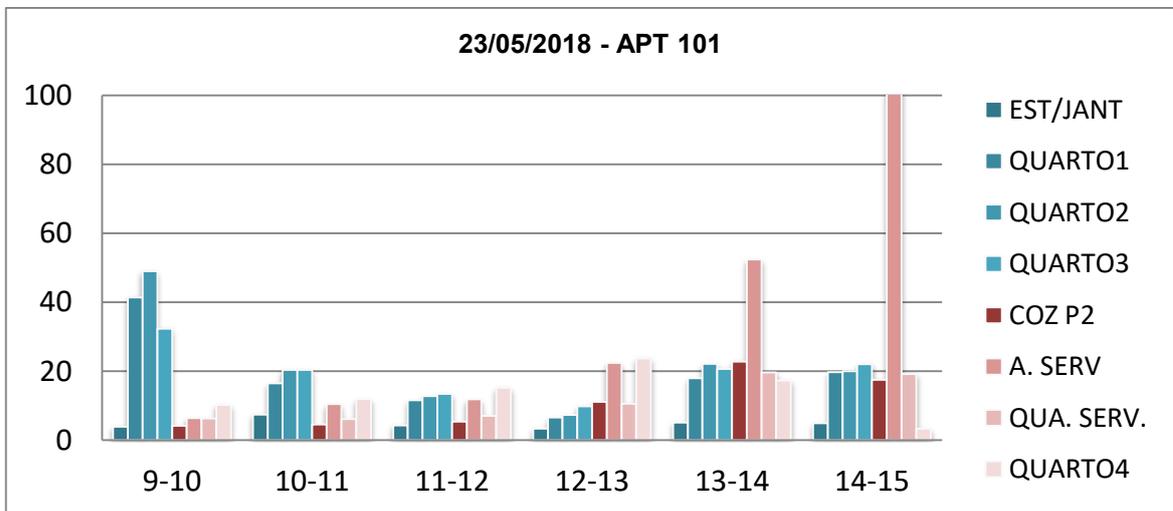
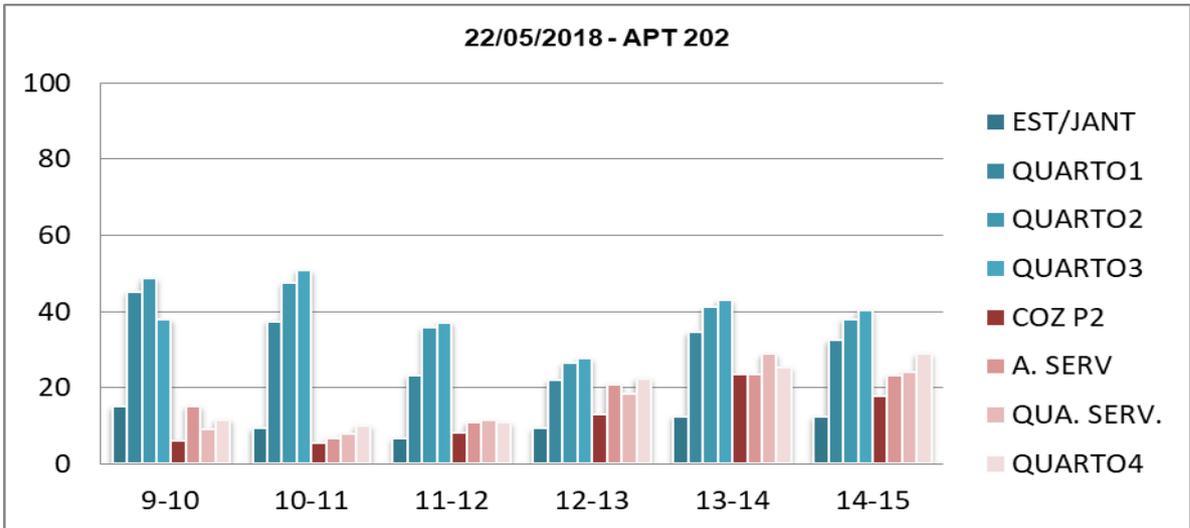
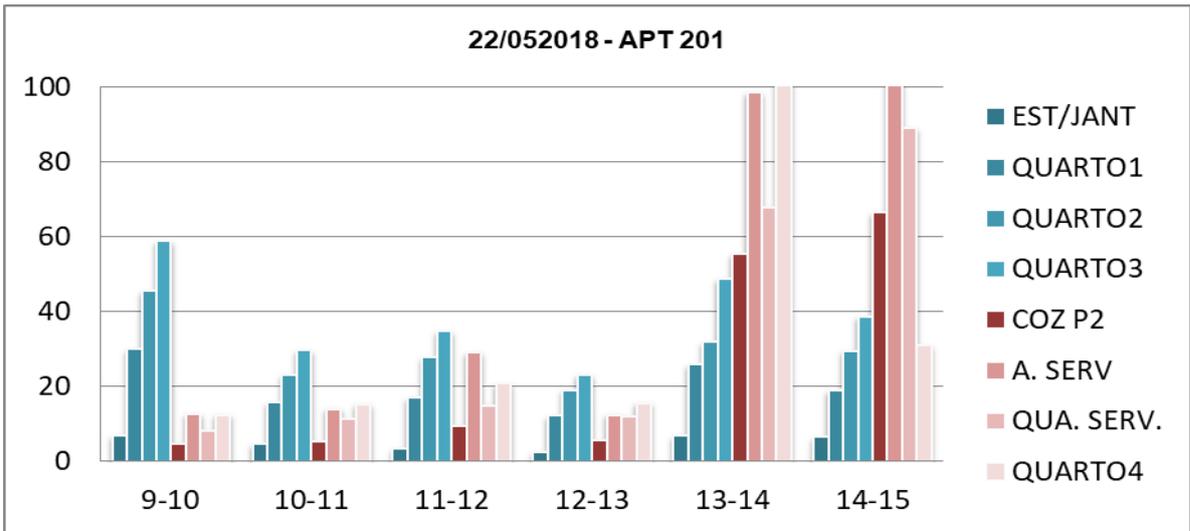


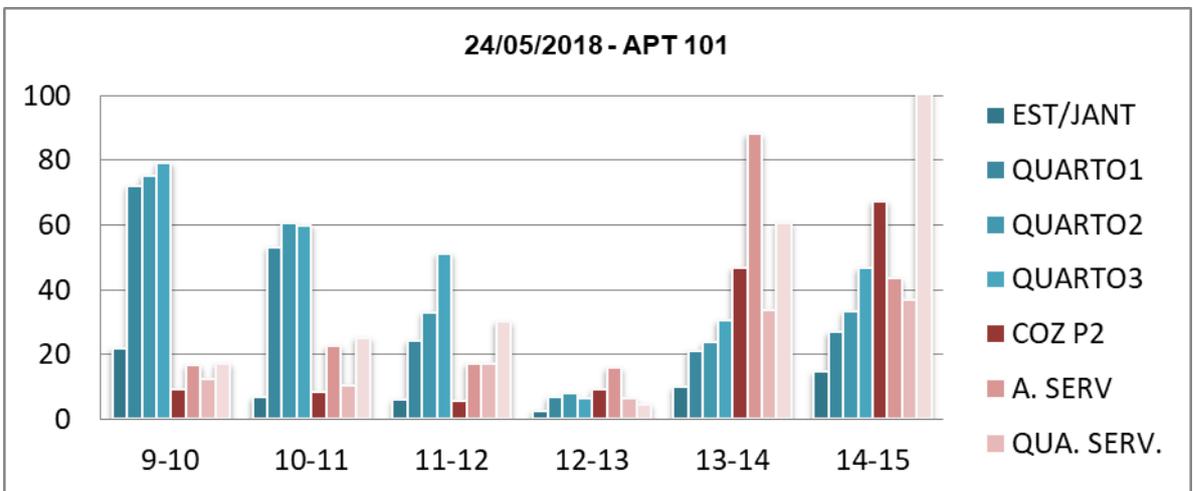
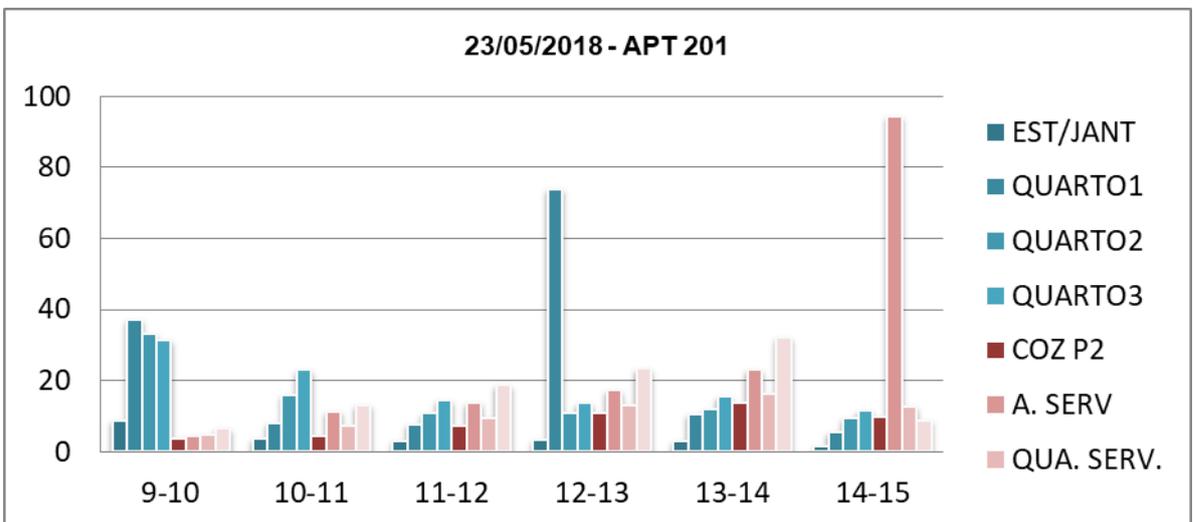
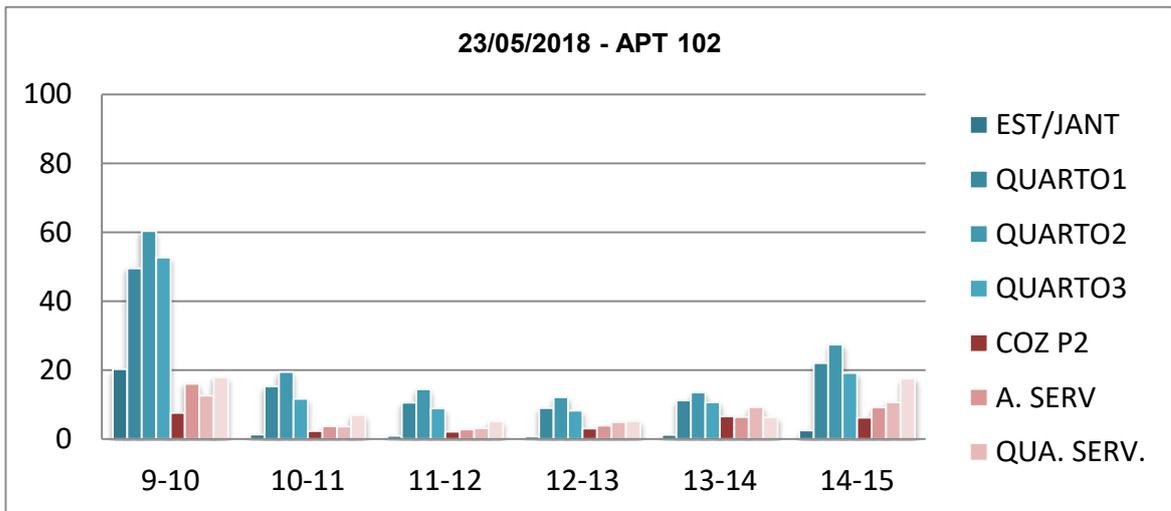


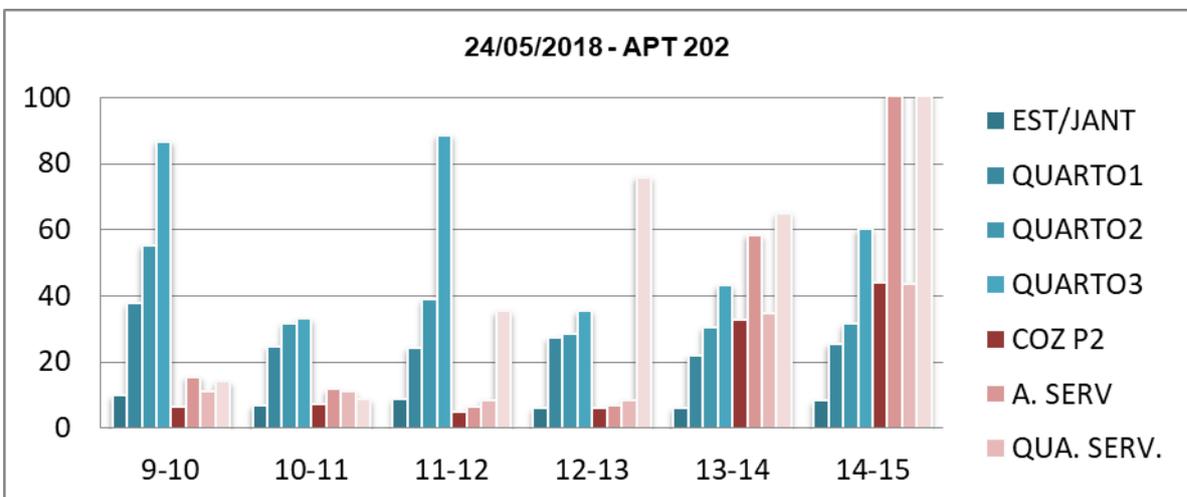
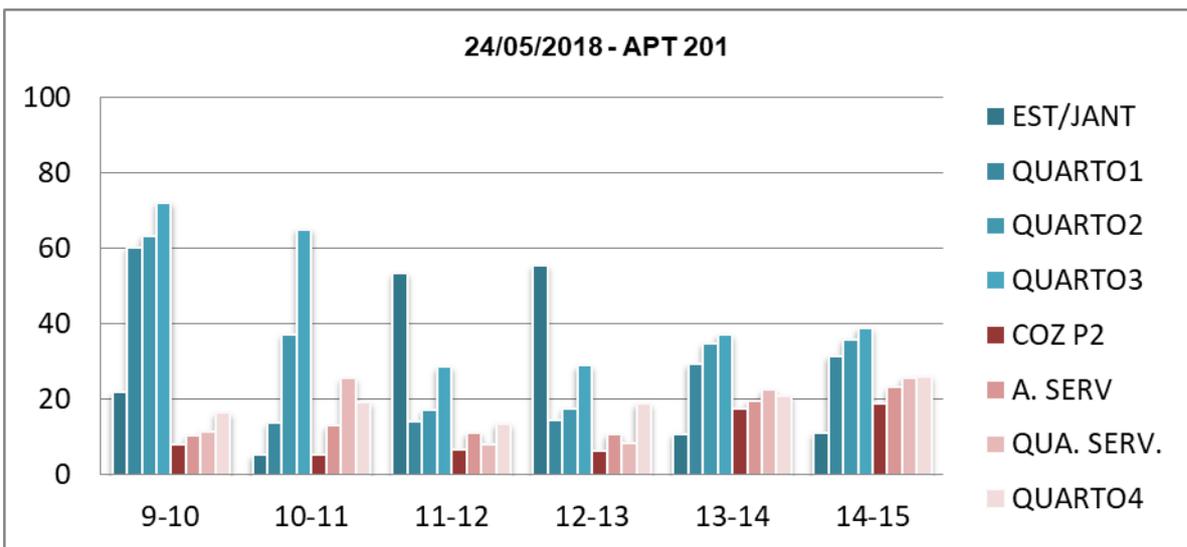
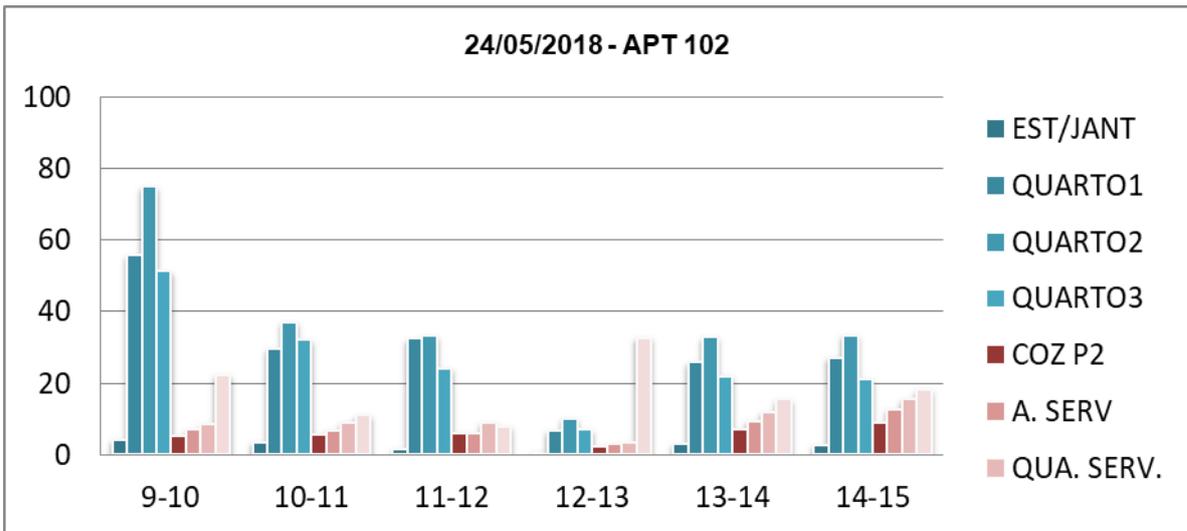
APÊNDICE D - GRÁFICOS ANÁLISE CÔMODO (NASCENTES X POENTES)

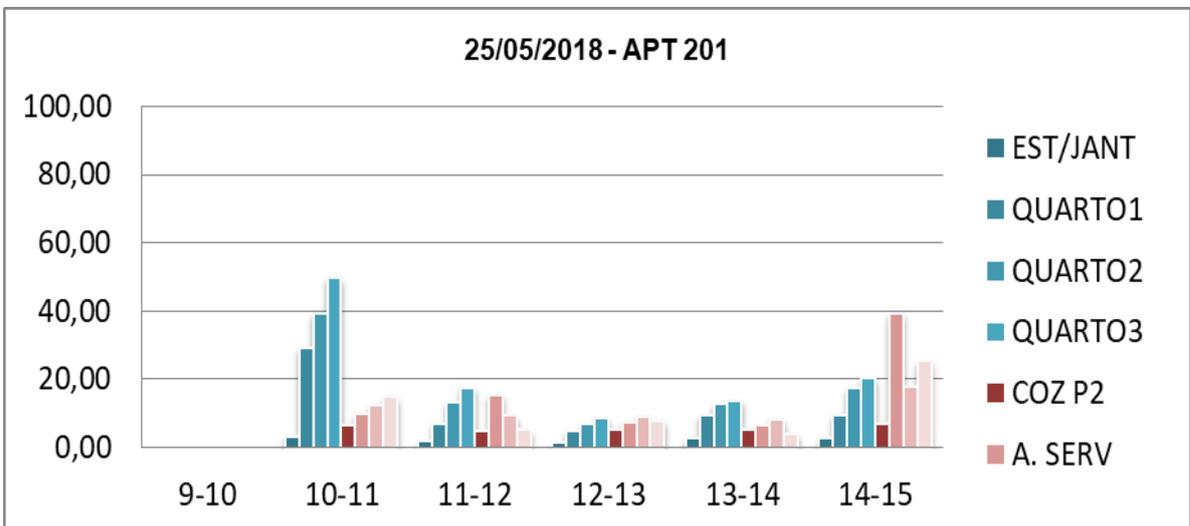
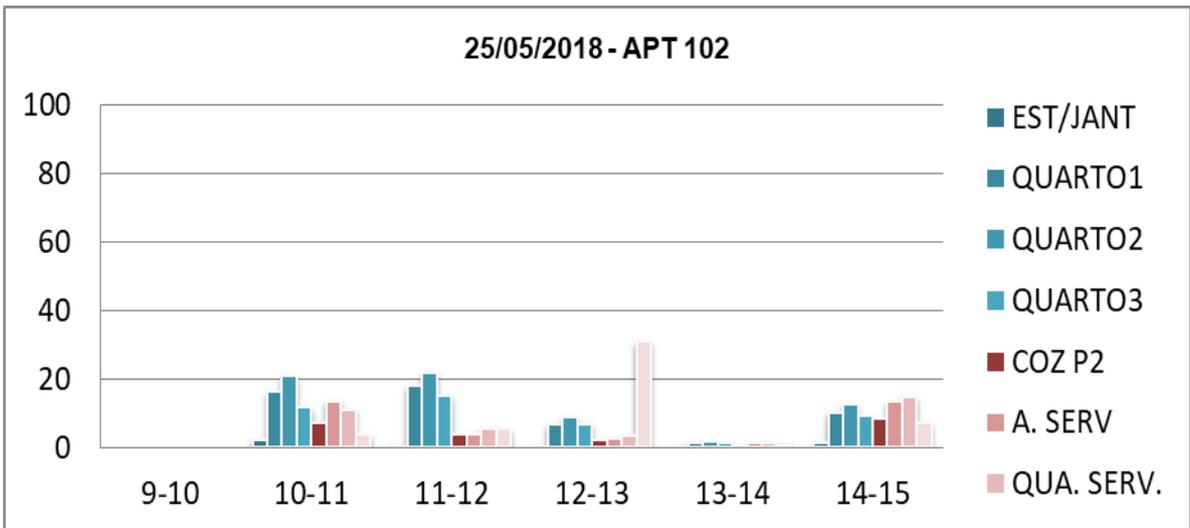
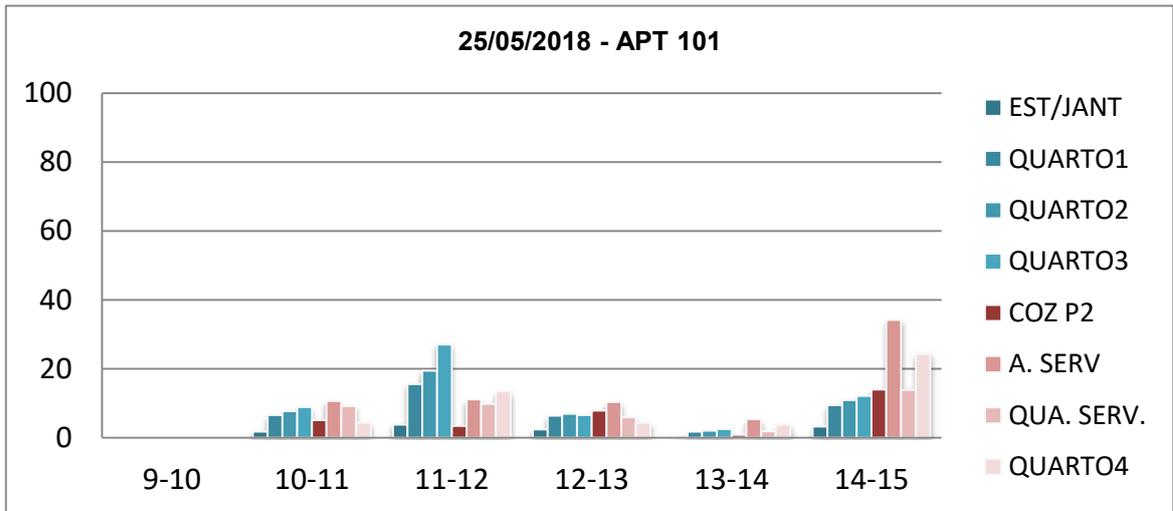
LEGENDA:	
NASCENTE	
POENTE	

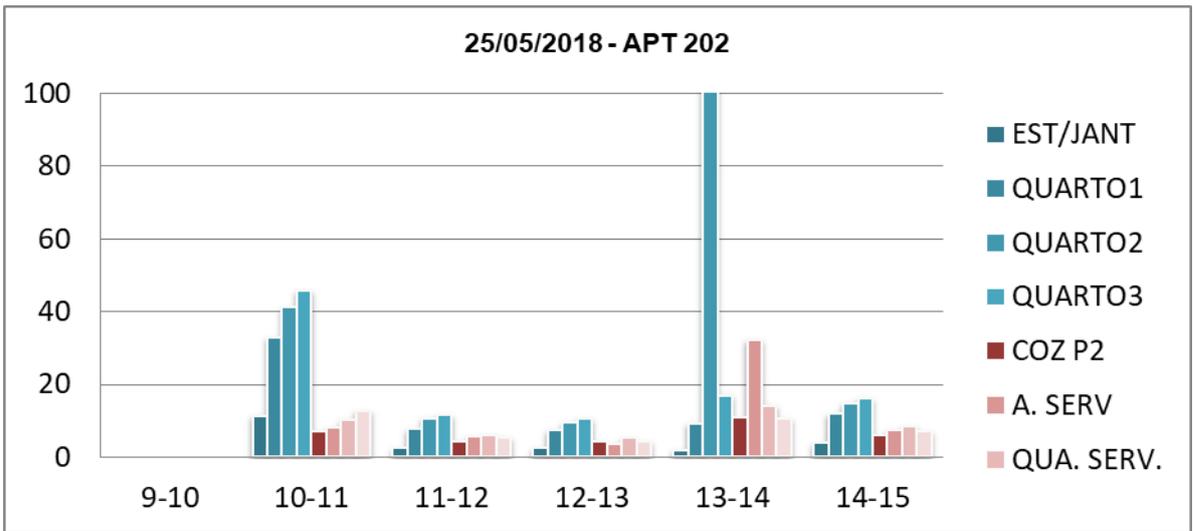












APÊNDICE E – MÉDIA DOS FLDS E PERCENTUAIS DE DIFERENÇA ENTRE O MENOR E O MAIOR VALOR DE FLD NO MESMO CÔMODO.

DIA 22/05/2018				
APTO 101				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	11,38	239%	18,09	5,33
COZ P2	28,18	1118%	64,91	5,33
A. SERV	30,39	695%	94,7	11,91
QUA. SERV.	23,02	532%	46,78	7,4
QUARTO1	29,74	192%	55,96	19,19
QUARTO2	35,28	251%	73,82	21,06
QUARTO3	37,62	94%	49,21	25,33
QUARTO4	43,97	528%	88,91	14,16

DIA 22/05/2018				
APTO 102				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	2,85	325%	4,65	1,09
COZ P2	6,73	337%	10,23	2,34
A. SERV	9,51	323%	14,09	3,33
QUA. SERV.	10,16	380%	16,64	3,47
QUARTO1	31,82	274%	60,45	16,15
QUARTO2	37,23	160%	58,20	22,37
QUARTO3	25,17	146%	38,65	15,73
QUARTO4	14,18	220%	19,04	5,95

DIA 22/05/2018				
APTO 201				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	5,01	109%	10,00	4,79
COZ P2	24,39	1311%	66,34	4,70
A. SERV	57,55	1321%	178,22	12,54
QUA. SERV.	33,76	988%	88,78	8,16
QUARTO1	19,83	148%	29,88	12,07
QUARTO2	29,38	139%	45,41	19,00
QUARTO3	38,88	154%	58,70	23,10
QUARTO4	34,11	776%	109,37	12,49

DIA 22/05/2018				
APTO202				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	10,80	126%	14,99	6,64
COZ P2	12,29	341%	23,50	5,33
A. SERV	16,62	248%	23,32	6,71
QUA. SERV.	16,51	274%	28,76	7,69
QUARTO1	32,37	106%	45,05	21,88
QUARTO2	39,48	85%	48,62	26,29
QUARTO3	39,37	84%	50,66	27,51
QUARTO4	18,08	193%	28,88	9,87

DIA 23/05/2018				
APTO 101				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	4,85	121%	7,42	3,35
COZ P2	10,96	439%	22,86	4,24
A. SERV	35,50	1620%	109,74	6,38
QUA. SERV.	11,52	218%	19,69	6,20
QUARTO1	19,00	523%	41,43	6,65
QUARTO2	21,96	565%	48,97	7,36
QUARTO3	19,80	228%	32,32	9,84
QUARTO4	13,64	613%	23,75	3,33

DIA 23/05/2018				
APTO 102				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	4,54	2397%	20,29	0,81
COZ P2	4,68	249%	7,59	2,18
A. SERV	7,03	468%	16,04	2,82
QUA. SERV.	7,40	297%	12,64	3,18
QUARTO1	19,64	447%	49,57	9,06
QUARTO2	24,60	395%	60,39	12,19
QUARTO3	18,59	537%	52,73	8,28
QUARTO4	9,85	247%	17,86	5,15

DIA 23/05/2018				
APTO 201				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	3,72	629%	8,71	1,19
COZ P2	8,09	280%	13,50	3,55
A. SERV	27,18	2184%	94,17	4,12
QUA. SERV.	10,41	250%	16,10	4,60
QUARTO1	23,69	1308%	73,84	5,24
QUARTO2	15,24	253%	33,06	9,37
QUARTO3	18,11	174%	31,22	11,41
QUARTO4	16,95	405%	31,90	6,32

DIA 23/05/2018				
APTO202				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	2,92	164%	3,79	1,44
COZ P2	4,86	103%	7,00	3,45
A. SERV	5,83	63%	7,36	4,51
QUA. SERV.	7,54	92%	9,84	5,14
QUARTO1	14,39	673%	29,03	3,76
QUARTO2	19,13	1029%	50,68	4,49
QUARTO3	22,61	1103%	60,14	5,00
QUARTO4	35,02	2133%	74,80	3,35

DIA 24/05/2018				
APTO 101				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	6,9	551%	14,2	2,2
COZ P2	22,7	7031%	65,4	0,9
A. SERV	31,2	5252%	88,0	1,6
QUA. SERV.	17,4	2823%	35,6	1,2
QUARTO1	23,1	696%	53,1	6,7
QUARTO2	27,4	706%	60,6	7,5
QUARTO3	33,5	848%	59,8	6,3
QUARTO4	40,4	6980%	120,6	1,7

DIA 24/05/2018				
APTO 102				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	1,92	735%	3,46	0,41
COZ P2	4,93	1577%	8,44	0,50
A. SERV	6,34	1701%	12,37	0,69
QUA. SERV.	8,14	1669%	14,93	0,84
QUARTO1	21,02	480%	32,29	5,56
QUARTO2	25,47	395%	36,99	7,47
QUARTO3	18,41	527%	32,02	5,11
QUARTO4	14,41	1369%	32,58	2,22

DIA 24/05/2018				
APTO 201				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	26,11	984%	55,21	5,09
COZ P2	10,37	249%	18,55	5,32
A. SERV	14,50	124%	22,99	10,24
QUA. SERV.	16,75	226%	25,54	7,82
QUARTO1	27,02	339%	59,98	13,65
QUARTO2	34,16	268%	63,08	17,13
QUARTO3	44,91	153%	71,92	28,40
QUARTO4	19,00	94%	25,94	13,37

DIA 24/05/2018				
APTO202				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	7,54	66%	9,80	5,91
COZ P2	16,67	846%	43,71	4,62
A. SERV	33,65	1543%	103,48	6,30
QUA. SERV.	19,45	425%	43,48	8,28
QUARTO1	26,84	73%	37,63	21,79
QUARTO2	35,92	95%	55,20	28,31
QUARTO3	57,73	168%	88,40	32,94
QUARTO4	50,12	1090%	102,03	8,58

DIA 25/05/2018				
APTO 101				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	2,37	762%	3,85	0,45
COZ P2	6,30	1438%	13,99	0,91
A. SERV	14,35	532%	34,16	5,40
QUA. SERV.	8,16	646%	13,90	1,86
QUARTO1	8,00	764%	15,62	1,81
QUARTO2	9,44	828%	19,47	2,10
QUARTO3	11,44	982%	27,04	2,50
QUARTO4	10,09	543%	24,42	3,79

DIA 25/05/2018				
APTO 102				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	1,01	1308%	2,14	0,15
COZ P2	4,26	1000%	8,14	0,74
A. SERV	6,83	1144%	13,50	1,09
QUA. SERV.	7,12	1152%	14,68	1,17
QUARTO1	10,45	1191%	17,87	1,38
QUARTO2	13,18	1196%	21,83	1,69
QUARTO3	8,69	1241%	14,97	1,12
QUARTO4	9,58	3012%	30,64	0,98

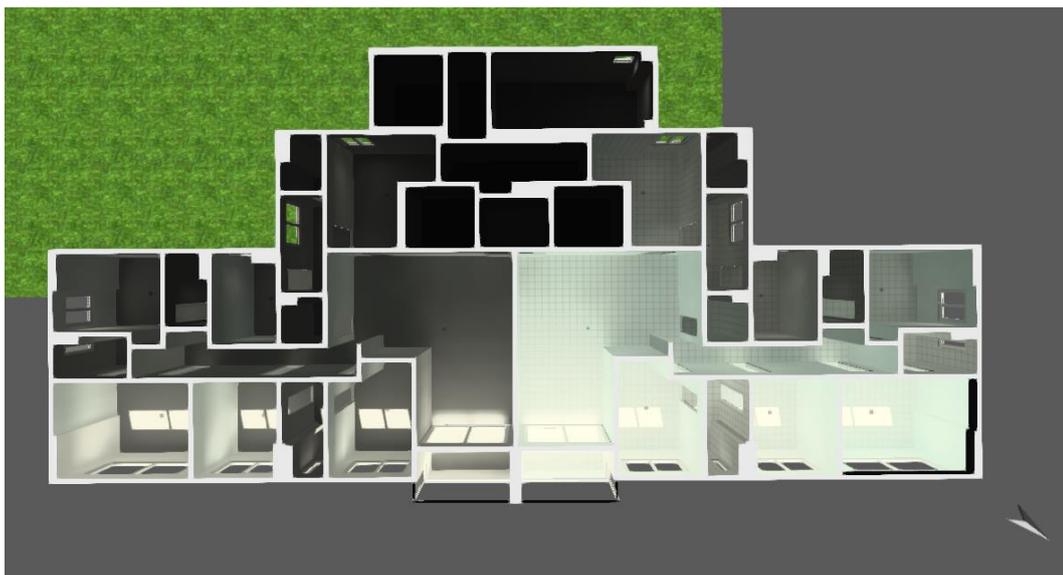
DIA 25/05/2018				
APTO 201				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	2,24	120%	3,00	1,36
COZ P2	5,69	42%	6,82	4,81
A. SERV	15,56	513%	39,07	6,37
QUA. SERV.	11,33	116%	17,83	8,24
QUARTO1	11,91	520%	29,13	4,70
QUARTO2	17,86	468%	39,13	6,89
QUARTO3	21,82	483%	49,44	8,49
QUARTO4	11,24	573%	25,19	3,74

DIA 25/05/2018				
APTO202				
CÔMODO	MÉDIA	DIFERENÇA PERCENTUAL	MÁXIMO	MÍNIMO
EST/JANT	4,34	534%	11,35	1,79
COZ P2	6,42	165%	10,74	4,05
A. SERV	11,28	858%	32,16	3,36
QUA. SERV.	8,76	177%	14,14	5,10
QUARTO1	13,74	345%	32,78	7,37
QUARTO2	44,36	1424%	145,68	9,56
QUARTO3	20,13	336%	45,71	10,48
QUARTO4	7,95	198%	12,70	4,26

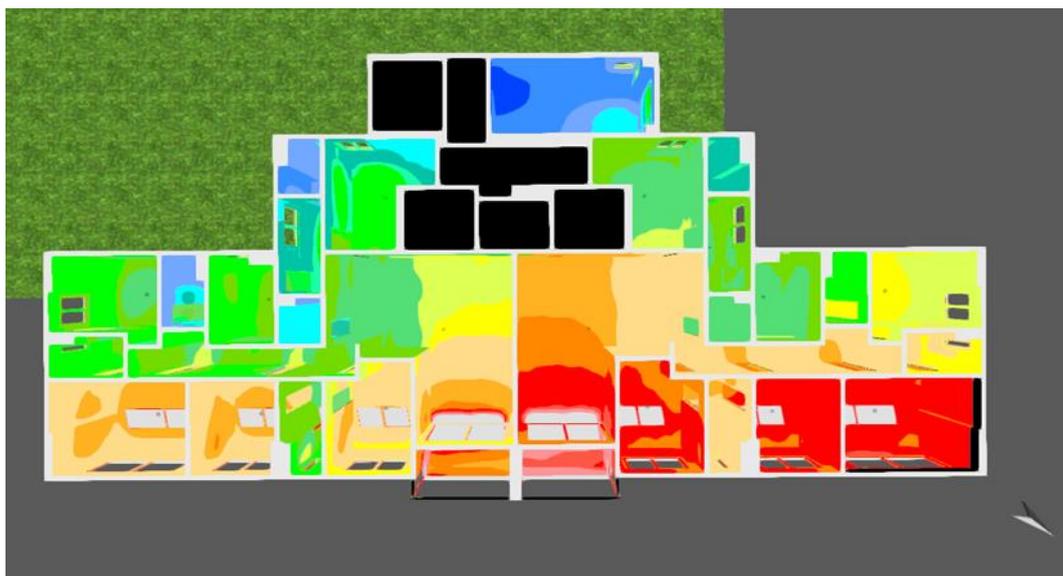
APÊNDICE F - SIMULAÇÃO NOS APARTAMENTOS 101 E 102 (24 ÀS 9H E 30 MIN E 25 DE MAIO DE 2018 ÀS 13 HORAS E 30 MINUTOS).

DIA 24 DE MAIO – 9H E 30 MIN

SIMULAÇÃO



MAPA DE CORES

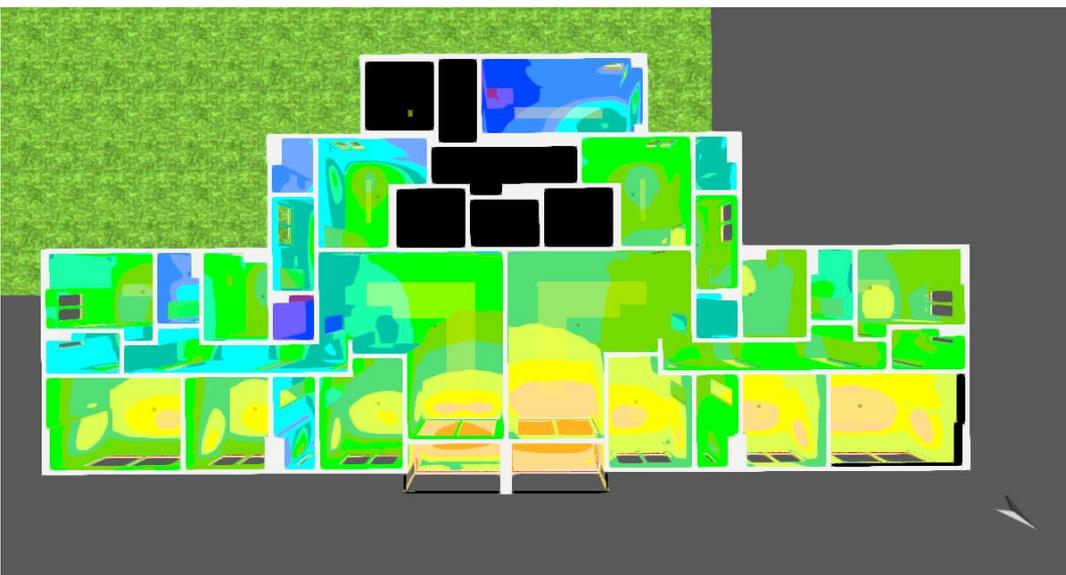


DIA 25 DE MAIO – 13H E 30 MIN

SIMULAÇÃO



MAPA DE CORES



APÊNDICE G – VARIAÇÃO MÉDIA DOS HORÁRIOS AO LONGO DO DIA

