2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído
Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DAS TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO LUMÍNICO PARA ILUMINAÇÃO NATURAL, DE UM EDIFICIO MULTIFAMILIAR – ESTUDO DE CASO

CABRAL, Fiori (1); COSTA E SILVA, Angelo (2)

(1) Universidade Católica de Pernambuco, fioricabral2015@gmail.com
(2) Universidade de Pernambuco, angelo@tecomat.com.br

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. O conceito de desempenho para construção civil trata de viabilizar ao usuário uma habitação com segurança, habitabilidade e durabilidade, apresentado através da Norma de Desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013). Devido a sua recente implantação, alguns ajustes nos procedimentos de medição se fazem necessários. O desempenho lumínico com foco na iluminação natural, objeto deste estudo, se destaca por proporcionar conforto, saúde visual e economia ao usuário. Diante disso, este trabalho tem como objetivo avaliar a influência do horário como fator de influência 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. Os resultados apresentaram grande variação de valores para o intervalo horário permitido em norma. Além disso, foram observadas necessidades de alteração quanto aos procedimentos na utilização do aparelho de coleta de dados. Por outro lado, encontrou-se coerência nos resultados entre a simulação computacional e o ensaio *in loco*, permitindo maior segurança no uso do software. (6 finalizada)

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

ABSTRACT

With modern life and several tasks performed by the human being, it is essential that he does not have a broad environment that offers pleasure and comfort. The performance concept for civil construction tries to make the housing viable by the user with safety, habitability and wear, presented through the Performance Standard NBR 15575 (ABNT, 2013). Due to its recent deployment, some adjustments to the usage and use procedures, are necessary. The lighting performance focused on natural lighting, the object of this study, can offer comfort, visual health and savings to the user. Therefore, this work aims to evaluate the influence of time as a factor of influence on the lighting performance for natural lighting, through the case study in a multifamily building, using the two methods proposed by the standard: on-site testing and computer simulation. The results show a wide variation of values for the range allowed in the norm. In addition, there was a need to change the procedures for using the data collection device. On the other hand, consistency was found in the results between computer simulation and on-site testing, allowing greater security in the use of software.

Keywords: Performance. Performance Standard. Light Performance. Natural lighting.

[1] *CABRAL, Fiori; JUST, Angelo. Análise das técnicas de avaliação de desempenho lumínico para iluminação natural, de um edificio multifamiliar – estudo de caso, In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre.* ***Anais****... Porto Alegre: ANTAC, 2020.*

1 INTRODUÇÃO

O desempenho de edificações é conceituado como comportamento em uso ao longo da vida útil definido na obra de Gerard Blachere na primeira edição do livro intitulado *SavoirBatir: Habitabilite, Durabilite, Economiedes Batiments,*(Saber Construir: Habitabilidade, Durabilidade, Economia dos Edifícios), publicado no final da década de 60 (BLACHERE,1967 apud KERN et al,2014). Tais discussões surgiram da necessidade de garantir a execução de obras com condições mínimas de habitabilidade e bom nível de desempenho em curto prazo, situação criada pela demanda proporcionada após segunda guerra mundial. Para isto, conforme relata Shin (2016), foi criado um comitê internacional no campo da engenharia com o intuito de desenvolver e difundir técnicas de construção, o CIB, que é considerado um marco no campo da qualidade na construção.

De acordo com Borges (2008), o governo brasileiro na tentativa de dirimir o déficit habitacional sem comprometer a qualidade das construções, promoveu o financiamento de um projeto de norma utilizando para isto a definição de 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 à sua implantação devido às exigências normativas estabelecidas aos projetistas, construtores e produtores de materiais (SACHS e NAKAMURA, 2012). Após anos de discussões transformou-se na atual NBR 15575, em vigor no Brasil desde julho de 2013. Mesmo com este tempo, ainda é uma ilustre desconhecida no mercado (SARAIVA et al,2016).

Dentre seus requisitos, encontra-se o conforto lumínico, fator essencial para o desenvolvimento de tarefas de forma que não ofereça risco à saúde visual. Seu uso está intimamente associado ao conceito de qualidade ambiental e ao conforto e um bom projeto, conforme recomenda Amorim (2002) deve visar a iluminação artificial como complementar à natural e não a sua substituição. Além disso, Vieira (2016) atenta para a importância do uso consciente de recursos naturais, uma vez que a construção civil causa grande impacto ambiental e econômico. Em contraponto, aumentar a utilização da iluminação natural como fonte de energia pode elevar a temperatura interna dos ambientes, alerta Lamberts (2016).

No âmbito da norma de desempenho, no quesito iluminação natural, este trabalho objetiva avaliar a influência do horário na realização do ensaio de campo e realizar comparativo com simulação computacional. 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.

2 METODOLOGIA

O presente trabalho de pesquisa tem caráter experimental, realizado a partir de análises de desempenho lumínico em uma edificação de grande porte (28 pavimentos, sendo os 3 primeiros pavimentos formados por garagem mais área social e 25 pavimentos tipo, com dois apartamentos por andar), localizada na Região Metropolitana do Recife, terreno de esquina, livre de sombras do entorno uma vez que as construções mais próximas são térreas.

Para a concretização deste estudo, utilizou-se os dois métodos estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013): o ensaio *in loco* e a simulação computacional.

O ensaio *in loco* foi realizado conforme preconiza a Norma de Desempenho para nível mínimo de desempenho de iluminação natural: Ponto de coleta de dados no centro geométrico dos ambientes a 75 cm de altura, esquadrias abertas, apartamentos com acabamento finalizado (exceto o 102), luxímetro devidamente calibrado e estabilizado antes de cada coleta, ausente de incidência direta de lux sobre o sensor do aparelho, horário de coleta entre 9h e 15h. Os apartamentos se encontravam revestidos com piso cerâmico branco, paredes e tetos pintados na cor branco neve, exceto o apartamento 102 na qual se encontrava apenas com a pintura das paredes, piso sem cerâmica (contrapiso) e o teto na laje(sem forro de gesso e sem pintura).

A edificação apresenta condições favoráveis ao estudo no tocante a iluminação natural por possuir fatores como a localização, isenta de outros prédios próximos que provoquem sombra, esquadrias amplas nos ambientes com janelas variando entre 1,10x1,20m e 2,00x1,20m, nos quartos, material das janelas e porta da sala em alumínio e vidro translúcido, formato dos cômodos, no geral retangulares e com janelas dispostas no sentido do comprimento, permitindo maior alcance possível da luza natural.

Para determinar a quantidade de luz natural do cômodo, no ensaio *in loco*, faz-se o cálculo do FLD (fator de luz diurna), é dado pela relação entre a iluminância interna e a iluminância externa à sombra, de acordo com a seguinte equação 1:

$$FLD = 100 \times Ei/Ee \qquad (1)$$

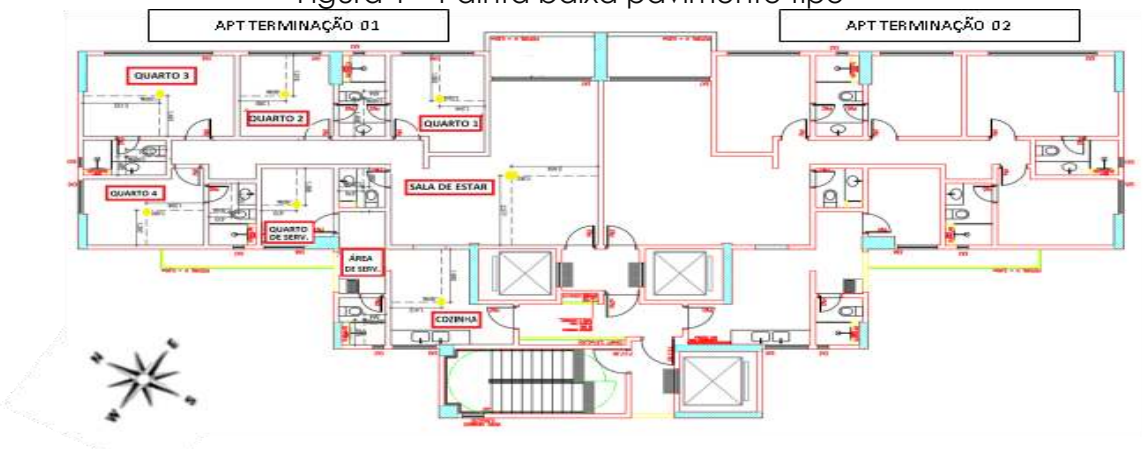
Onde: Ei é a iluminância no interior da dependência;

Ee é a iluminância externa à sombra.

Neste estudo, foram utilizados valores em FLD e em lux, no ensaio *in loco*, no intuito de realizar comparação com a simulação (valores em lux).

As medições foram executadas em 4 apartamentos (101, 102, 201 e 202), no primeiro e segundo pavimento tipo, distribuídos em oito cômodos por apartamento (conforme Figura 1), nos dias 22, 23, 24 e 25 de maio de 2018, por seis horas diárias (das 9 horas às 15 horas), totalizando 768 medições. O primeiro pavimento tipo fica a 9,68 metros do solo e o segundo, a 12,56 metros do solo.

Figura 1 – Palnta baixa pavimento tipo

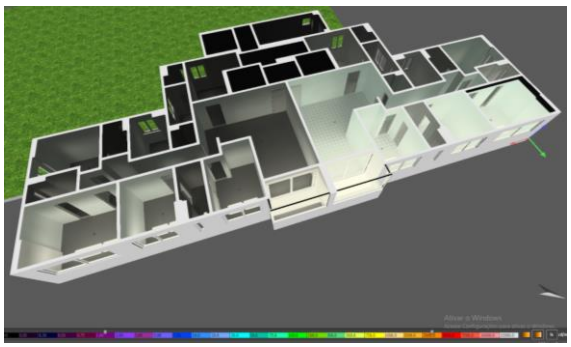


Fonte: Cabral, 2020

Realizou-se a simulação computacional (Figura 2), utilizando o software DialuxEvo, escolhido por permitir que se coloquem os dados de entrada necessários por

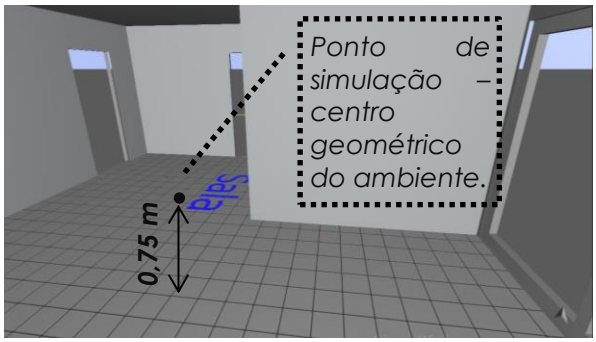
proporcionar a simulação o mais próximo à realidade, como a planta baixa do imóvel, alturas (dos apartamentos e do ponto de coleta), tipos de acabamento com o grau de refletividade dos revestimentos, transmissibilidade de luz dos vidros das esquadrias, além de simular a iluminação natural nos dias e horários desejados, enfim, as condições de realização o mais próximo possível do ensaio *in loco*. Desta forma, a simulação se deu nas mesmas unidades e mesmas condições de execução dos ensaios de campo (dia, hora, condições de céu, acabamento dos apartamentos, altura e localização do ponto de análise, também, a 75 cm do nível do piso do apartamento – Figura 3) a fim de observar a conformidade entre ambos.

Figura 2 – Simulação – apt 101 e102



Fonte: Cabral, 2020

Figura 3 – Centro geométrico - simulação



Fonte: Cabral, 2020

3 RESULTADOS E DISCUSÕES

3.1 Medição *in loco* - Procedimentos de coleta

Antes mesmo de iniciar o ensaio, verificou-se que o aparelho utilizado (luxímetro) 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 altera os valores mostrados.

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, foi fator imprescindível para a realização do ensaio *in loco*. Optou-se pela confecção de um a base em madeira, com a altura exigida em norma do ponto de coleta, permitindo maior agilidade na execução da leitura, maior estabilidade ao aparelho e menor influência da sombra do executor.

3.2 Medição *in loco* - Influência do horário de coleta

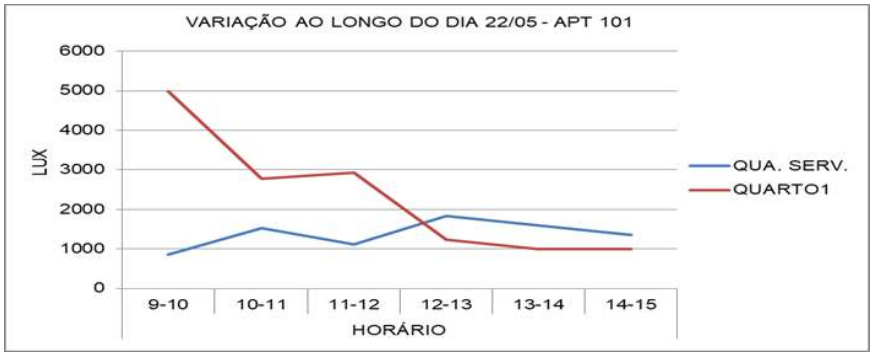
O intervalo de tempo que a norma deixa em aberto para realização do ensaio, das 9 horas às 15 horas, tem fundamental participação no resultado dos dados. O luxímetro possui um sensor bastante sensível e qualquer variação que acontece provoca reação imediata com grande variação da leitura. Observou-se, portanto alta variação dos valores coletados em um dia. As condições climáticas foram anotadas a cada coleta para que se tenha uma melhor compreensão da variação dos resultados obtidos.

Na Figura 4 estão representações de dois ambientes, sendo um nascente e outro poente, dos valores obtidos no apartamento 101. Os horários analisados estão em conformidade com a NBR 15575 (ABNT, 2013), que pode ser realizado

Percebe-se, no quarto1 (nascente), a extensão da variação de valores permitida

pela norma, 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 até quase 2000 lux (observado no intervalo entre meio dia e 13 horas), dobrando ao longo do dia. Observa-se que o cômodo nascente apresentou variação de valores maiores que o cômodo poente (Figura 4).

Figura 4- Variação em lux - dia 22/05/2018

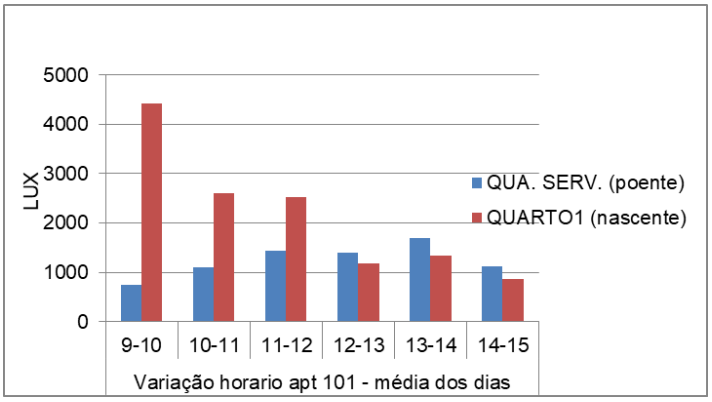


Fonte: Cabral, 2020

A Figura representativa 5 apresenta o resultado das médias, por horário, dos mesmos cômodos observados na Figura 4, durante os quatro dias do ensaio (22/05/2018 à 25/05/2018).

Percebe-se a mesma tendência de comportamento nos quatro dias em relação a um único dia, 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 5).

Figura 5 - Variação média dos horários ao longo dos dias

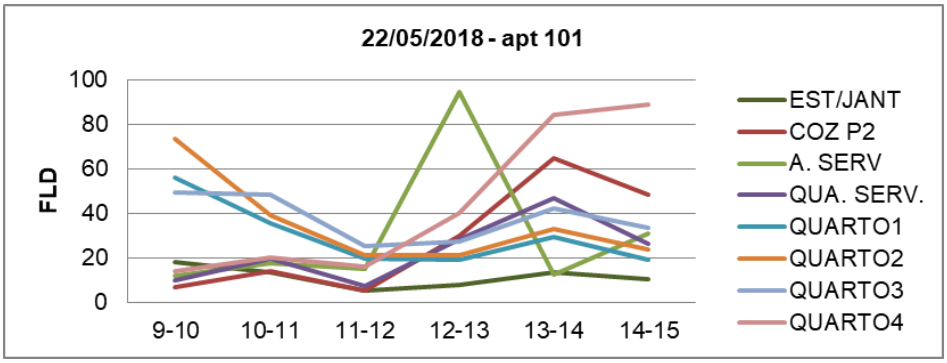


Fonte: Cabral, 2020

Os gráficos das figuras 6 e 7 apresentam valores em FLD. Os horários dos extremos (9 horas e 15 horas) mostrou uma tendência de maior dispersão de valores, isto é,

maior variação entre o valor mínimo e máximo obtido. No entanto, os horários mais centrais de realização do ensaio, como 11 às 12 horas, 12 às 13 horas, verifica-se que os valores tendem a se aproximar mais do que nos horários extremos, demonstrando maior homogeneidade no ensaio. Essa situação se repetiu na maioria das medições observadas, como pode ser visto, de forma representativa na Figura 6, na qual se verificam os resultados do apartamento 101, no dia 22/05.

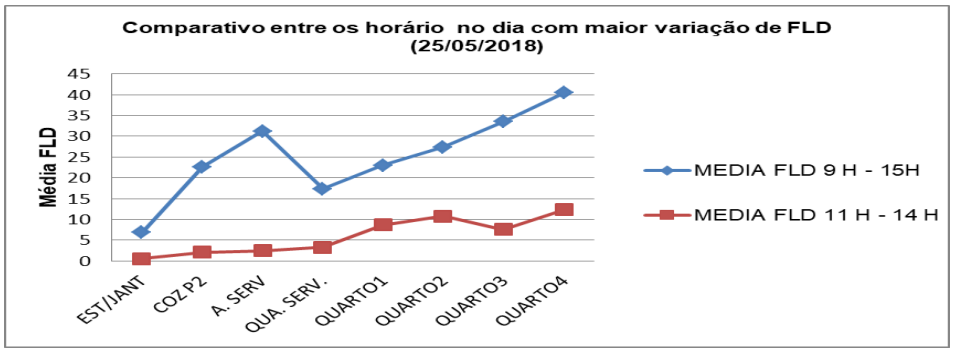
Figura 6 - Variação do FLD o ao longo do dia 22/05/2018



Fonte: Cabral, 2020

Após análise dos resultados de todos os valores obtidos, nas quatro unidades, nos quatro dias, observa-se uma tendência de menor de dispersão destes valores no horário intermediário do dia (entre 11h e 14h). Desta forma, realiza-se a análise comparativa entre o ensaio realizado conforme intervalo horário determinado pela norma e um intervalo reduzido, utilizando apenas estes horários de menor dispersão. Observa-se também que os valores reduziram, permitindo melhor avaliação da luminância dos cômodos. O dia escolhido para amostra foi o que apresentou maior variação dos valores de FLD (ver Figura 7).

Figura 7 - Comparativo entre os dias com maior variação da média do FLD



Fonte: Cabral, 2020

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

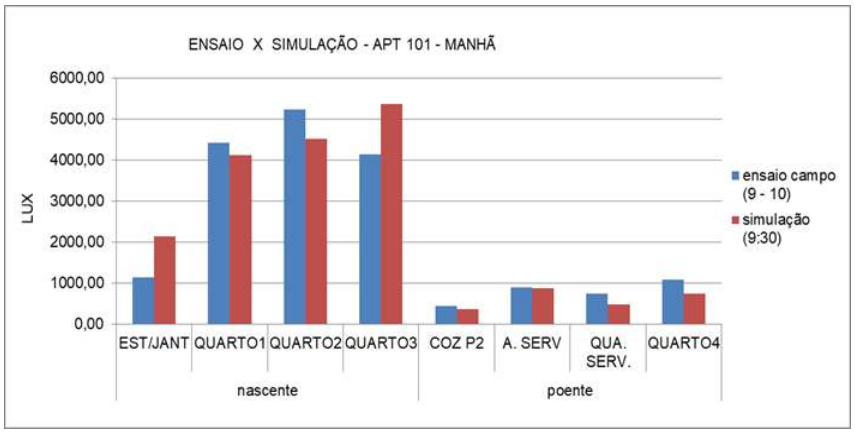
Para a análise comparativa foram usados os valores em lux, tanto no ensaio *in loco* quanto na simulação. Optou-se aleatoriamente pela unidade habitacional 101 entre as que estavam com todos os serviços de acabamento executados. Escolheu-se realizar a simulação conforme premissas normativas, na qual utiliza os horários específicos 9 horas e 30 minutos e 15 horas e 30, estes horários balizaram a escolha dos horários 9h-10h e 14h-15h do ensaio *in loco*. Além dos horários, todos os outros

dados possíveis de serem inseridos no DialuxEvo, como localização e posição do imóvel, acabamento, tipo de materiais, datas, foram usados o mais próximo da realidade possível.

Na figura 8, verifica-se na área de serviço e na copa/cozinha uma diferença mínima nos valores obtidos entre as duas técnicas utilizadas.

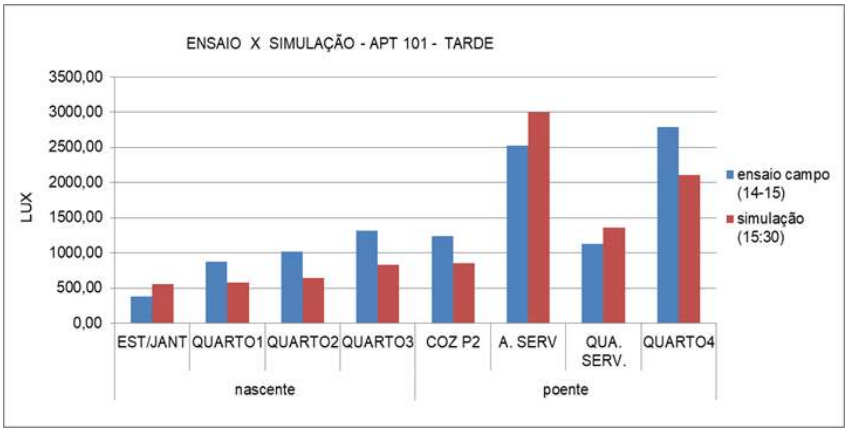
Percebe-se que os resultados foram compatíveis tanto nos horários correspondentes para o período da manhã (9-10/ 9:30) como para o período da tarde (14-15/ 15:30) (ver Figuras 8 e 9) e não se observa grandes divergências entre ambos métodos. Deve-se levar em consideração a precisão das diferentes técnicas uma vez que no ensaio *in loco* há influência humana na obtenção dos dados, nuvens que possam encobrir o sol no momento da coleta, sensibilidade do aparelho de medição.

Figura 8 - Simulação x Ensaio – apt 101 - manhã



Fonte: Cabral, 2020

Figura 9 - Simulação x Ensaio – apt 101 –tarde



Fonte: Cabral, 2020

5 CONCLUSÕES

A Norma de Desempenho é hoje uma realidade e as construtoras precisam se adequar a ela. Traz em seu escopo a preocupação com aspectos ambientais e tem como principio 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. Este trabalho foi desenvolvido se propôs a trazer contribuições no que diz respeito à forma de execução dos procedimentos do ensaio para iluminação Natural.

Verificou-se que o aparelho utilizado é bastante sensível e diante disso se faz necessário melhorar a especificidade em relação ao manuseio no momento do ensaio. Sugere-se uma base de apoio para o luxímetro, tipo tripé com instrumento de nível, promovendo maior estabilidade e menor influencia da sombra humana.

O estudo de caso tornou evidente que o intervalo de tempo permitido pela norma para o ensaio *in loco* promove a possibilidade de distorção dos resultados como ficou mostrado nas diferenças percentuais encontradas. Observa-se ainda que que dos 16 casos analisados (4 apartamentos x 4 dias), em 14 deles o Fator de Luz Diurna (FLD) ficou mais coeso, isto é, com menor dispersão, em todos os cômodos da unidade habitacional, no intervalo entre 11 horas e 14 horas, menor incidência solar dentro dos imóveis, evidenciado pelos valores das menores iluminâncias neste intervalo, ou seja, tem-se a pior situação de iluminância da unidade, sendo assim, o melhor intervalo para a medição, mostrando o quanto a penetração do sol no ambiente altera o resultado.

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.

REFERÊNCIAS

AMORIM, C.N.D.; **Illuminazione Naturale, Confort Visivo ed Efficienza Energetica in Edifici Commerciali: Proposte Tecnologiche e Projettuali in contesto di clima Tropicale. Tese (Dottorato di Richerca 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.

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

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.

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> Acesso em: 5 de Março 2019.

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

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.

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