

# REVISTA DA ARQUITETURA: CIDADE E HABITAÇÃO

**Simulação computacional como  
ferramenta de validação da  
qualidade ambiental de projeto  
de homeoffice**

Computer simulation as a tool  
validation of the environmental  
quality of home office project

João Renato Carneiro de Aguiar

Maria do Desterro Batista

Rejane Martins Viegas

Thiago Montenegro Góes

Talita Muniz Fontes

Caio Frederico e Silva

Dossiê temático: Habitação no Terceiro Milênio  
Volume 1 • Nº 1 • Jan a Jun • 2021

\* Recebido em 01/08/2020  
Aprovado em 01/02/2021

\*\* Arquiteto e Urbanista graduado pelo Centro Universitário de Brasília - UniCEUB (2014), Especialista em Arquitetura de Sistemas de Saúde pela Universidade Católica de Brasília - UCB (2016) e Mestre em Arquitetura e Urbanismo na área de concentração em Tecnologia, ambiente e sustentabilidade pela Universidade de Brasília - UnB (2017). Atualmente é Coordenador/Professor do curso de Design de Interiores e do curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Planalto do Distrito Federal, UNIPLAN.  
E-mail: joao.re@hotmail.com

\*\*\* Especialização em andamento em Construção Sustentável e Edificação Eficiente. Instituto de Pós-Graduação e Graduação, IPOG, Brasil. Graduação em Arquitetura e Urbanismo, pela Universidade Federal do Piauí, UFPI, Brasil.  
E-mail: contato@mariabatista.com.br

\*\*\*\* Arquiteta e Urbanista; Doutoranda em Arquitetura na área de Conforto térmico/ Eficiência energética (UnB); Mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade (UFMS); Pós-graduada em Gerenciamento de Obras; Pós-graduanda em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística; Pesquisadora do Laboratório de Sustentabilidade Aplicado a Arquitetura e ao Urbanismo (LaSUS - UnB).  
E-mail: rejanedoutoradounb@gmail.com

\*\*\*\*\* Arquiteto e professor com diploma em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal de Santa Catarina (2011) e mestrado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília (2018). Atualmente é doutorando em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade de Brasília. Possui uma especialização em Arquitetura, Construção e Gestão da Edificação Sustentável pela AVM Faculdades Integradas (2016) e em Reabilitação Ambiental Sustentável Arquitetônica e Urbanística pela Universidade de Brasília (2017).  
E-mail: tgoes@hotmail.com

\*\*\*\*\* Graduação em andamento em Arquitetura e Urbanismo, Pela Universidade Paulista, UNIP, Brasil. Ensino Médio (2º grau). Colégio CIMAN, CIMAN, Brasil.  
E-mail: talitamfontes@gmail.com

\*\*\*\*\* Desenvolveu pesquisa de Pós-Doutorado na Universidade de Harvard (Visiting Scholar 2019-2020), Mestre (2009) e Doutor (2013) em Arquitetura e Urbanismo - UnB. Pesquisador do Laboratório de Sustentabilidade Aplicada à Arquitetura e ao Urbanismo - LaSUS/UnB. É pesquisador no Laboratório de Controle Ambiental - Lacam/UnB. Atualmente é professor adjunto vinculado ao Departamento de Tecnologia da FAU-UnB desde 2011. É professor credenciado ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. É líder do grupo de pesquisa em Simulação Computacional no Ambiente Construído.  
E-mail: caiofreds@gmail.com

# Simulação computacional como ferramenta de validação da qualidade ambiental de projeto de homeoffice\*

## Computer simulation as a tool validation of the environmental quality of home office project

João Renato Carneiro de Aguiar\*\*

Maria do Desterro Batista\*\*\*

Rejane Martins Viegas\*\*\*\*

Thiago Montenegro Góes\*\*\*\*\*

Talita Muniz Fontes\*\*\*\*\*

Caio Frederico e Silva\*\*\*\*\*

### Resumo

O processo de reforma de uma habitação enfrenta o desafio de promover qualidade ambiental, garantindo conforto e salubridade aos usuários. Este artigo tem por objetivo apresentar o uso da simulação computacional como ferramenta de validação de um projeto de reforma para prover melhores níveis de iluminação natural e ventilação natural de um escritório residencial (homeoffice), localizado na cidade de Brasília-DF. O método utilizado apoiou-se no projeto arquitetônico original do apartamento, onde foram avaliados, comparativamente, os níveis de lux e o fluxo de ventilação natural entre dois cenários: original (1) e projeto-reforma (2). Para isso, utilizou-se simulação computacional por meio do software Relux Pro para iluminação natural, CFD para análise de fluídos pelo software Ansys 2020. Os resultados das simulações obtidas mostraram que a luz natural no cenário projeto-reforma é cerca de onze vezes maior em comparação ao cenário original. Em relação à ventilação natural, foi verificado que o fluxo de ventilação saiu de uma situação de calma (cenário 1) e atingiu velocidades próximas a 2,3 m/s (cenário 2). Concluiu-se que o uso de simulações computacionais permite demonstrar a qualidade ambiental de projeto de reforma, e o projeto de reforma apresenta um homeoffice mais claro e mais ventilado.

**Palavras-chave:** Qualidade do ar. Simulação computacional. Análise de fluídos e iluminação natural. Escritório.

### Abstract

The housing reform process faces the challenge of promoting environmental quality, guaranteeing comfort and health to users. This one article aims to present the use of computer simulation as validation tool for a renova-

tion project to provide better levels of natural lighting and the natural sources of a residential office (home office), located in the city of Brasília-DF. The method used was based on the original architectural design of the apartment, where Comparatively selected, levels of luxury and the flow of natural sources between two scenarios: original (1) and renovation project (2). For this, we used computer simulation using Relux Pro software for lighting natural, CFD for fluid analysis by Ansys 2020 software. The results of the basic simulations required for natural light in the project-scenario -reformation is about eleven times higher compared to the original scenario. Regarding the natural suitability, it was verified that the resolution flow left of a calm situation (scenario 1) and reached the next destination at 2.3 m / s (scenario 2). It was concluded that the use of computer simulations by mite demonstrating the environmental quality of the renovation project, and the project of reform presents a lighter and more ventilated home office.

**Keywords:** Air quality. Computer simulation. Analysis of fluids and natural lighting. Desk.

## 1 Introdução

Arquitetos e designers são os responsáveis pela obtenção de um ambiente mais saudável e humanizado. Recentemente, estudos demonstram que a má qualidade do ar interno (QAI) está diretamente ligada à Síndrome do Edifício Doente e doenças respiratórias, inclusive do novo Coronavírus (QUADROS *et al.*, 2009). A salubridade pode ser obtida nos ambientes internos a partir da renovação de ar, ajudando na remoção da umidade, bactérias e vírus, além de contribuir para a promoção do conforto térmico.

Para obtenção de parâmetros mínimos eficazes, algumas pesquisas (SALES, 2016; ATKINSON *et al.*, 2009; QUADROS *et al.*, 2009) e normas nacionais e estrangeiras (ASHRAE, 2013; ASHRAE, 2019; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2005; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003) relacionam a qualidade do ar interna com a taxa de renovação no ambiente, que é a quantidade de vezes que

o volume de ar no interior de uma sala é renovado em um determinado período de tempo.

O objetivo da qualidade do ar interno em residências e edifícios é fornecer ambientes internos saudáveis e confortáveis. Isto somente é alcançado quando o ar externo entra nos ambientes e então há a ventilação que dissemina os contaminantes do ar. Essa vazão do ar externo para a parte interna é recomendada pela ASHRAE (2019).

No Brasil, não há uma legislação específica que trate sobre a qualidade do ar interna e sua relação com a ventilação natural, mas, de acordo com Luna (2016), pode-se fazer um estreito paralelo entre a QAI, ventilação natural e a RDC n.º 9/2003. (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003).

A Resolução de Diretoria Colegiada (RDC) n. 9/2003 normatiza a climatização artificial em Estabelecimentos Assistenciais de Saúde (EAS), além de instruir que os espaços climatizados artificialmente devem ter uma taxa mínima de vazão de ar de 27 m<sup>3</sup> por hora por pessoa, exceto ambientes com altas taxas de rotatividade, que poderão admitir taxas mínimas de 17 m<sup>3</sup> por hora por pessoa para criação de uma boa qualidade do ar interna. Estima-se que a taxa de renovação de ar por hora em ambientes internos deve ultrapassar o número de 100 renovações, gerando o Conforto Térmico Passivo (CTP). (AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003).

Um dos fatores que é mundialmente aceito para a avaliação da qualidade do ar interno é taxa de renovação de ar por hora (RAH). Quanto maior a taxa, mais facilmente será a dissipação de agentes poluentes biológicos e não biológicos. Quanto aos níveis de iluminação, Lamberts *et al.* (2013) aconselham que, para ambientes de escritórios, os parâmetros utilizados para obter uma boa iluminação tenham níveis de média (300 a 500 lux) a alta (500 a 1000 lux), pois esses valores são indicados para locais de leitura e escrita de documentos técnicos. Além disso, a iluminação natural influencia o ser humano fisiológica e psicologicamente, pois é capaz de regular algumas variáveis do corpo humano, tais como humor, fadiga, hábitos comportamentais e fatores relacionados ao psicológico (GROU; MARCELO, 2018).

O uso da iluminação e ventilação são estratégias passivas para a obtenção do conforto ambiental, que influenciam a obtenção de projetos energeticamente eficientes. Isso implica que a arquitetura e o design têm um papel diferenciador e de responsabilidade para a sustentabilidade e a eficiência energética. Nesse sentido, o incentivo ao uso da ventilação natural e iluminação natural em ambiente residencial é relevante, impactando na eficiência energética, humanização, e na qualidade ambiental.

Pelas questões supracitadas, entende-se que, para se obter uma boa qualidade do ar interno residencial, é preciso discutir como promover o uso da ventilação natural, aumentando a velocidade do ar e a taxa de renovação de ar por hora, de maneira eficiente e segura, sem expor a contaminações e poluentes indesejados.

### 1.1 Objetivo

Demonstrar o uso da simulação computacional de níveis de iluminação e ventilação naturais como validação da qualidade ambiental de projeto de reforma de um escritório residencial.

## 2 Projeto baseado em evidência

A revolução digital oferece uma nova forma de projetar. Nesse contexto, as ferramentas digitais possuem grande importância para a gestão dos diversos processos sociais, especialmente por sua capacidade de armazenar e manipular dados e, assim, fornecer mais e melhores informações para o processo de tomada de decisão, seja em um projeto novo, retrofit ou reforma.

No desenvolvimento de projetos de arquitetura, a digitalização tem grande impacto na prática profissional, primeiramente com a popularização das ferramentas tipo CAD a partir dos anos 80 e, mais recentemente, neste século, com a popularização de ferramentas que empregam a metodologia Building Information Modeling (BIM).

Especificamente, a disseminação de ferramentas BIM evidencia a relevância desse processo de gestão baseada em dados e informação, em que o

ponto central se fundamenta no desenvolvimento de modelagem de informação, com forte ênfase no armazenamento, gestão e manipulação desses dados. Nesse sentido, o projetista, cada vez mais, necessita compreender melhor a influência de suas decisões, e, assim, desenvolver um projeto baseado em evidências, de forma mais informada por meio de dados (HAMILTON; WATKINS, 2008).

A esse fim, as ferramentas digitais possuem grande potencial, em específico as ferramentas de modelagem e simulação computacional do desempenho ambiental da edificação ou Building Performance Simulation (BPS). Essas ferramentas podem auxiliar os projetistas a tomarem decisões de forma mais embasadas sobre a qualidade ambiental e a performance da edificação (BURKE, 2010) por meio do desenvolvimento de um modelo virtual simplificado, mas fidedigno, dos processos físicos existentes (HENSEN; LAMBERTS, 2011). Dessa forma, é possível intervir para melhorar a qualidade ambiental, o conforto do usuário e a performance e a eficiência energética da edificação, tanto em edificações novas como existentes.

Essa capacidade de melhoria tem se mostrado cada vez mais relevante, em virtude da magnitude dos impactos ambientais das edificações, com o consumo de 32% da energia e 19% das emissões de gases do efeito estufa (ÜRGE-VORSATZ *et al.*, 2014), e da saúde dos usuários, vistos que — algumas ar pessoas passam 90% de suas vidas em ambientes fechados (KLEPEIS *et al.*, 2001). Dessa forma, é essencial a adoção dessas ferramentas pelos projetistas para o desenvolvimento de projetos e edificações com menor impacto no meio ambiente e com maior eficiência energética, assim melhorando a qualidade ambiental interior e, consequentemente, melhorias na saúde do usuário.

## 3 Método

O método da pesquisa foi dividido em quatro fases: a) revisão bibliográfica, b) modelagem e caracterização do projeto; c) simulação de ventilação no software Ansys CFD e d) simulação de iluminação com o software Relux Pro.

### 3.1 Revisão bibliográfica

A primeira fase foi destinada à revisão bibliográfica, na qual foram estudados temas como: normas e legislações vigentes sobre a qualidade ambiental e do ar interna, qualidade de iluminação natural, eficiência energética, sustentabilidade, ventilação natural, taxa de renovação para dissipação de poluentes e particulados internos, estudos de fluxo de ar e edifícios saudáveis, além da simulação e design baseado em evidência.

### 3.2 Modelagem e caracterização do projeto

A segunda fase foi composta pela modelagem e caracterização do projeto (objeto de estudo), na qual, posteriormente, foram colhidas informações para modelagem em *Computer Aided Design* (CAD), tais como plantas arquitetônicas. Foi feita a caracterização do processo de reforma, onde foi feito, também, levantamento arquitetônico de *layout* e de elementos construtivos.

O objeto de estudo, então, trata de uma unidade de apartamento de 03 quartos, localizado na Superquadra 411 no bloco J da Asa Norte (imagens 01 e 02), em Brasília, em bloco de apartamento localizado no primeiro andar, no meio de superquadra, cercado por vegetação.

**Figura 1** - a) Vista aérea Superquadra 411 da Asa Norte. b) perspectiva do bloco J



**Fonte:** Adaptado de Google Earth (2020).

Foram utilizados no artigo dois cenários: original e o projeto-reforma. No escritório, que está localizado próximo aos banheiros social e da suíte, não há indicativos de bons parâmetros de iluminação e nem ventilação no cenário original (primeiro cenário). No segundo cenário, resolve-se retirar a parede da sala de jantar (imagem 02) para que o escritório ganhe iluminação e ventilação natural, no caso foi realizada a simulação para quantificar tais ganhos de qualidade ambiental luminosa e do ar.

**Figura 2** - a) Planta do apartamento localizado na 411, bloco J da Asa Norte. b) perspectiva.

a)



b)



**Fonte:** autores (2020).

O escritório principal do apartamento localiza-se conjugado à circulação do apartamento. Com cerca de área total de 2,15 m<sup>2</sup>, sem ventilação e iluminação naturais. Esse espaço foi, durante 8 anos, objeto de desejo de uma reforma que trouxesse mais qualidade ambiental para o usuário. Reforçado pelas boas práticas evidenciadas pelo contexto da pandemia, o projeto sofrerá a alteração, integrando-se à sala do apartamento.

Após análises estruturais e de layout, chegou-se à conclusão de que a intervenção mais acertada será a demolição de 4,55 m<sup>2</sup> da parede que divide a circulação da sala de jantar. Surgindo, assim, o pórtico de integração, um elemento que terá a missão de melhorar o desempenho da qualidade do ar e da luz, além de conferir qualidade estética ao apartamento, mantendo o caráter recluso do escritório. A referida abertura estará a 45 cm do piso, com 1,65 m de altura e 2.76 m de extensão. O escritório em si não sofrerá alteração de layout e/ou materiais. Permanecerá com uma bancada na cor preta, armários superiores coloridos, paredes laterais brancas e piso cinza.

Com a integração, usufruiremos de uma janela de vidro verde (Fator solar 0,76) de 4,42m<sup>2</sup>, voltada para Nordeste a 4,58 m distantes da área de trabalho, portanto, cumprindo as diretrizes de profundidades de ambiente definidas para Brasília (ALBUQUERQUE, 2012).

### 3.3 Simulação de ventilação no software Ansys CFD

A terceira fase da pesquisa consiste no desenvolvimento das simulações de ventilação, para a obtenção dos resultados e posterior comparação com as bibliografias (SALES, 2016; ATKINSON *et al.*, 2009; QUADROS *et al.*, 2009), legislações (ASHRAE, 2013; ASHRAE, 2019; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 200; AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA, 2003), para gerar diretrizes para a promoção da qualidade do ar interna por meio da utilização da ventilação natural.

Para a análise de ventilação, foi escolhido o *software* Ansys pela eficácia em simulação computacional para problemas de escoamento de fluidos,

sendo um dos *softwares* mais conhecido e confiável mundialmente (SALES, 2016). Pelo fluxo de trabalho do Workbench 2020 R1, há possibilidades de se realizarem outros tipos de simulação, como de conforto térmico (termodinâmica), estrutural, eletromagnética entre outras.

Atualmente, o Ansys CFD está sendo utilizado para realizar vários estudos, tais como: simulações de dispersão de partículas; estudos de eficiência da utilização de máscara para evitar a propagação de gotículas; simulação que auxilia nos padrões de distanciamento social; como o novo COVID-19 pode se comportar em ambientes internos entre vários outros estudos que estão auxiliando o combate à atual pandemia mundial.

A terceira fase também é composta de modelagem tridimensional CAD da geometria do ambiente definido anteriormente no *software* computacional SpaceClaim 2020 R1, a qual faz parte do sistema de softwares integrado ao Ansys 2020 R1. Na plataforma Ansys Workbench 2020 R1, a geometria final do SpaceClaim será exportada para o Ansys Mesh, na qual será criada uma malha de simulação.

O Ansys Mesh possui um sistema de refinamento automático, em que é necessário somente definir o grau de detalhe da malha. Posteriormente, a malha finalizada foi exportada para o *plugin* Ansys Fluent (para simulações 3D), e, por meio dele, serão definidos elemento de camada limite (como a inserção dos *inputs* e *outputs*), definição de materiais (do fluido e da geometria) e modelo matemático aplicado (como por exemplo modelos de turbulências a serem aplicadas). Depois — aplicar todas as informações necessárias, ocorre a simulação (*solve*).

E, por fim, a simulação será traduzida em outro *plugin* chamado CFD Post, ainda dentro do Workbench, onde há possibilidade de verificar o resultado da simulação, que pode ser por meio de gráficos, gradientes, vetores, fluxos entre outros.

### 3.4 Simulação Iluminação Natural no software Relux Pro

A quarta etapa refere-se ao desenvolvimento das simulações para a luz natural, em que o levantamento arquitetônico da reforma foi utilizado para gerar um modelo de simulação comparativo entre a

planta anterior à reforma e pós-reforma para comparação da iluminância de cada caso.

Para as simulações, foi escolhido o software Relux Pro, no qual foram gerados, em um mesmo arquivo, dois cenários: um para o apartamento original, e o outro para a proposta do apartamento pós-reforma (demolição da parede divisória entre a sala de jantar e o escritório).

O processo de modelagem é composto por duas etapas: Modelagem detalhada do ambiente de escritório e modelagem simplificada do entorno da área externa.

A primeira etapa é composta pela inclusão das massas. Para os cenários criados, foram considerados o apartamento em si e o mobiliário do escritório, o edifício em que ele se encontra, e o seu entorno imediato. Foram modelados dois edifícios do entorno, um a sudoeste (de igual altura e extensão ao edifício do apartamento simulado) e outro a noroeste (térreo). A segunda etapa é composta pela configuração dos materiais. As refletâncias internas foram escolhidas de acordo com o levantamento arquitetônico da reforma bem como fotografias, e baseadas em Dornelles (2008) e no banco de dados do próprio software.

Para a simulação, foram configurados, para ambos cenários: localidade de Brasília, céu parcialmente encoberto ou intermediário, com índice de nuvens 50% (COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ECLAIRAGE, 2001), azimute e plano de avaliação à 75cm do chão. Foram realizadas 3 simulações (08h00, 10h00 e 16h00) de um mesmo dia, ambos cenários sendo simulados simultaneamente em cada horário, para utilização do mesmo algoritmo e permitir comparação direta.

## 4 Resultados e discussão

Verificou-se que, apesar de existirem pesquisas e normas que abordam a qualidade do ar interna, utilizaram-se simulação, apenas, dos valores de ventilação natural. No caso da iluminação natural, a análise de dados das simulações foi feita por meio das normas e diretrizes que norteiam a obtenção da

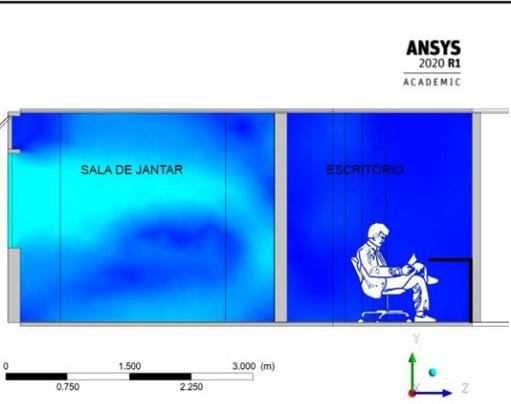
qualidade ambiental da iluminação para ambientes internos.

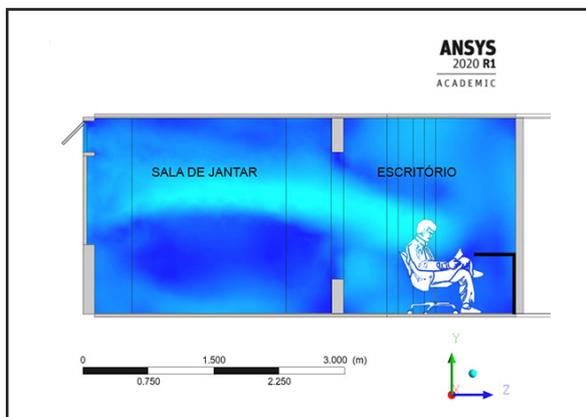
De acordo com Araujo *et al.* (2015), um estudo realizado na superquadra da 411 Sul (SQS 411), nos blocos A e G, sem pilotis, não apresentou uma situação ventilação natural satisfatória. No caso os fluxos da ventilação natural são prejudicados, pois há poucas dimensões das aberturas de janelas e de portas, e porque os blocos não possuem pilotis. Assim, o edifício se torna uma barreira para o fluxo do vento. Diferentemente da superquadra 411 Norte, com a presença de pilotis, o que favorece a correta distribuição da ventilação pelos edifícios.

Em relação à simulação da ventilação natural, foi inserido, nos *inputs* de velocidade do ar incidente nas aberturas, um valor de 2,6 m/s, retirado de dados fornecidos pelo INMET (2020) somados a adaptações indicadas na bibliografia (ZANONI, 2015; SALES, 2016).

Após as simulações de ventilação natural, realizadas pelo software CFD Ansys 2020 nos dois cenários, por meio da tabela 01, obtiveram-se os seguintes resultados:

**Tabela 1** - resultados das simulações de ventilação no software Ansys 2020

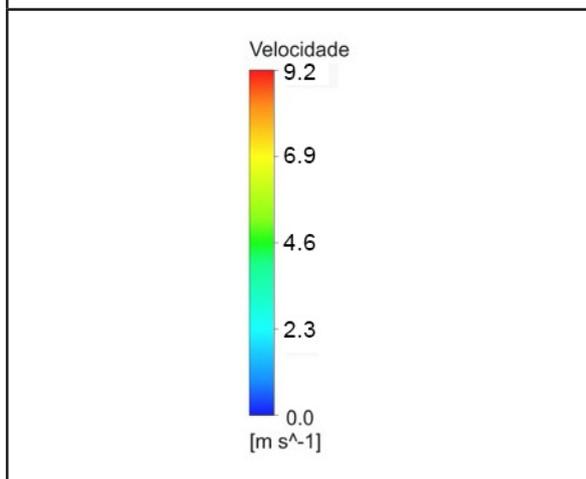
Cenário 01: Original

Resultados: – No escritório o fluxo de ar é próximo de zero;
Cenário 02: Projeto-reforma



Resultados:

– Na área do escritório, é verificado um aumento do fluxo de ar, em média com velocidade dos ventos de 2.3 m/s.

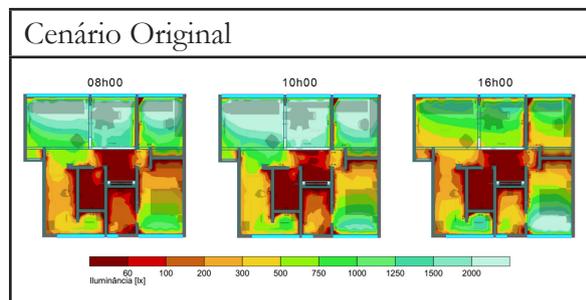
Legenda



Fonte: o autor.

Para a simulação de iluminação natural, os resultados foram gerados imagens de *false-colour*, e uma legenda padrão, com intervalos medidos em lux. A tabela 02 representa o cenário original (anterior à reforma) e a tabela 03 o cenário a-pós-reforma.

**Tabela 2** - resultados das simulações de iluminação natural (cenário original) no software Relux Pro

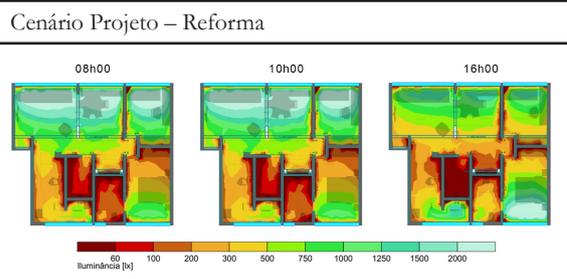


Resultados:

– Iluminação natural abaixo do recomendado no ambiente do escritório, como exemplo o horário de 10h00, que atingiu somente 38 lux;

Fonte: o autor.

**Tabela 03** - resultados das simulações de iluminação natural (reforma 2020) no software Relux Pro



Resultados:

– Houve ganho de iluminação natural (lux) no ambiente do escritório em todos os horários simulados, como exemplo o horário de 10h00, que atingiu 415 lux.

Fonte: o autor.

## 5 Considerações finais

Por meio das simulações do Ansys CFD, o cenário original saiu de uma situação de calma para uma situação com o fluxo de ventilação na área do escritório de 2.3 m/s (cenário projeto-reforma), demonstrando que simples intervenções podem promover uma grande variação de ventilação natural e da qualidade do ar interna.

Conclui-se que o ganho de luz no escritório foi considerável, alcançando 11 vezes a quantidade de lux original às 10h00 (maior diferença entre antes e depois), quando a iluminância chegou a 415 lux após a reforma, em comparação aos 38 lux, antes da reforma proposta. Para criar referencial, os níveis de iluminância pós-reforma superam o exigido pela NBR 15.575 que dispõe sobre simulações de luz natural (120 lux) e quase alcança o recomendado pela NBR 5413 (Iluminância de interiores) para ambientes de leitura e escrita em residências: 500 lux.

Ainda assim, os valores citados servem como referência, pois, para as simulações realizadas, foi considerado o mobiliário do escritório, ainda que de maneira simplificada, por influenciarem o com-

portamento e absorção da luz dentro do ambiente com sua massa e refletâncias. A NBR 15.575 não considera o mobiliário interno em seus valores de referência, servindo, neste artigo, apenas como referencial para destacar o ganho considerável de luz no ambiente avaliado.

Entretanto, para armazenar, gerir e manipular a informação, os responsáveis pelo desenvolvimento do projeto arquitetônico antes precisam possuir formas para obterem essa informação. Diferentemente de aspectos de mais fácil quantificação — como insumos de obras — quantificar dados que a princípio somente estarão disponíveis depois da obra pronta pode ser bastante desafiador. Por esses motivos, se faz importante a difusão da simulação computacional dentro da arquitetura para validação da qualidade ambiental dos ambientes.

## Referências

- AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA. *Resolução da Diretoria Colegiada n. 9, de 16 de janeiro de 2003*. Disponível em: [http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE\\_09\\_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727](http://portal.anvisa.gov.br/documents/33880/2568070/RE_09_2003.pdf/f4af80d4-8516-4f9c-a745-cc8b4dc15727) Acesso em: 27 ago. 2020.
- ALBUQUERQUE, Milena Sampaio Cintra de; AMORIM, Cláudia Naves David. Iluminação natural: indicações de profundidade-limite de ambientes para iluminação natural no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais - RTQ-R. *Ambient. constr.*, Porto Alegre, v. 12, n. 2, p. 37-57, jun. 2012.
- ARAÚJO, E. P.; CALDEIRA, J. M.; OLIVEIRA, L. P. *Superquadra 400 Sul*: habitação social no Plano Piloto de Brasília: análise direcionada para o conforto ambiental, a história e a tecnologia da arquitetura e sua interferência no ambiente salutar. Brasília: Kiron, 2015.
- ASHRAE. *HVAC Design Manual for Hospitals and Clinics*. 2013. Disponível em: <https://www.ashrae.org/technical-resources/bookstore/hvac-design-manual-for-hospitals-and-clinics> Acesso em: 27 jul. 2020.
- ASHRAE. *Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Residential Buildings*. 2019. Disponível em: [https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE\\_PREVIEW\\_ONLY\\_STANDARDS/STD\\_62.2\\_2019](https://ashrae.iwrapper.com/ASHRAE_PREVIEW_ONLY_STANDARDS/STD_62.2_2019) Acesso em: 27 jul. 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.575-1:2013*. Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15220-3:2003*. Desempenho térmico de edificações - parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 5413:1992*. Iluminância de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.
- ATKINSON, J. *et al.* *Natural ventilation for infection control in health-care settings*. Genebra: World Health Organization, 2009.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instituto Nacional de Meteorologia. *Portal*. 2020. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/> Acesso em: 27 jul. 2020.
- DORNELLES, A. K. *Absortância solar de superfícies opacas*: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- GROU, F. A.; MARCELO, V. C. C. Benefícios da iluminação natural em ambientes escolares. *Revista de Iniciação Científica*, Criciúma, v. 16, n. 1, 2018.
- HAMILTON D. K.; WATKINS, D. H. *Evidence-based design for multiple building types*. Nova Jersey: Wiley, 2008.
- HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. Introduction to Building Performance Simulation. In: HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. (orgs.). *Building performance simulation for design and operation*. New York: Spon Press, 2011. p. 1-14.
- KEELER, M.; BURKE, B. *Fundamentos de projeto de edificações sustentáveis*. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KLEPEIS, N. E. The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS): a resource for assessing exposure to environmental pollutants. *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, Boston, v. 11, n. 3, p. 231-252, 2001.

LAMBERTS, R. *et al.* *Eficiência energética na arquitetura*. 3. ed. São Paulo: PW, 2013.

QUADROS, M. E. *et al.* Qualidade do ar em ambientes internos hospitalares: estudo de caso e análise crítica dos padrões atuais. *Eng. Sanit. Ambient.*, v. 14, n. 3, p. 431-438, jul./set. 2009.

SALES, G. L. *Diagrama de ventilação natural*: ferramenta de análise do potencial da ventilação natural no estudo preliminar de projeto. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

ÜRGE-VORSATZ, Diana *et al.* Buildings. In: IPCC WORKING GROUP. *Climate Change 2014: mitigation of climate change*. Cambridge: Cambridge University Press, 2014. p. 671–738 Disponível em: [http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11117/1/ipcc\\_wg3\\_ar5\\_chapter9.pdf](http://pure.iiasa.ac.at/id/eprint/11117/1/ipcc_wg3_ar5_chapter9.pdf) Acesso em: 27 ago. 2020.

ZANONI, V. A. G. *Influência dos agentes climáticos de degradação no comportamento biotérmico de fachadas em Brasília*. 2015. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.