

THIAGO COUTINHO TORRES, ALICE BRASILEIRO, MARCOS SILVOSO

## Edifício Jorge Machado Moreira, patrimônio moderno: possibilidades de intervenção na envoltória visando o desempenho energético eficiente

*Jorge Machado Moreira Building, modern heritage: possibilities of intervention in the building envelope aiming the efficient energy performance*

*Edificio Jorge Machado Moreira, patrimonio moderno: posibilidades de intervención en la envolvente con vistas al desempeño energético eficiente*

### Thiago Coutinho Torres

Professor Substituto do Setor de Tecnologia do Meio Ambiente (DTC/FAUUF RJ), nas disciplinas Conforto Ambiental 1 e 2. Mestre em Arquitetura pelo PROARQ/UFRJ (2022) com bolsa CAPES vinculada a linha de pesquisa Arquitetura, Projeto e Sustentabilidade, da área de qualidade, ambiente e paisagem. Graduado em Arquitetura e Urbanismo pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (2018) com graduação sanduíche pelo programa Ciência sem Fronteiras na University of East London (UEL) - Reino Unido (2016). Participante do Grupo de Pesquisa AMBEE FAU UFRJ, vinculado ao DTC / FAUUF RJ. Tem experiência na área de eficiência energética em edificações, conforto ambiental, topografia, projeto arquitetônico e habitacional.

*Substitute Professor of the Environmental Technology Sector (DTC / FAUUF RJ), in the subjects Environmental Comfort 1 and 2. Master in Architecture from PROARQ/UFRJ (2022) with CAPES scholarship and linked to the research line Architecture, Design and Sustainability, from area of quality, environment and landscape. Graduated in Architecture and Urbanism from the Federal University of Rio de Janeiro (2018) with a sandwich degree from the Science without Borders program at the University of East London (UEL) - United Kingdom (2016). Participant of the Research Group, certified by CNPq, AMBEE FAU UFRJ, linked to DTC / FAUUF RJ. With experience in the area of energy efficiency in buildings, environmental comfort, topography, architectural and housing design.*

*Profesor Suplente del Sector de Tecnología Ambiental (DTC/FAUUF RJ), en las materias Confort Ambiental 1 y 2. Maestría en Arquitectura por PROARQ/UFRJ (2022) con beca CAPES y vinculada a la línea de investigación Arquitectura, Diseño y Sustentabilidad, del área de calidad, medio ambiente y paisaje. Graduada en Arquitectura y Urbanismo por la Universidad Federal de Río de Janeiro (2018) con título sándwich del programa Ciencia sin Fronteras de la Universidad de East London (UEL) - Reino Unido (2016). Participante del Grupo de Investigación vinculado a DTC / FAUUF RJ. Tiene experiencia en el área de eficiencia energética en edificaciones, confort ambiental, topografía, diseño arquitectónico y habitacional.*

thiagocoutinhotorres@gmail.com

### Alice Brasileiro

Arquiteta e Urbanista, Prof. Associada, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Doutora (2007) e Mestre (2000) em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Participante do Grupo de Pesquisa AMBEE FAU UFRJ, vinculado ao DTC / FAUUF RJ. Áreas: eficiência energética em edificações, habitação e aspectos culturais do ambiente construído.

*Architect and urban planner, Professor at the Faculty of Architecture and Urbanism, Federal University of Rio de Janeiro. Ph. D (2007) and Master's degree in Architecture (2000), Federal University of Rio de Janeiro. Participant of the Research Group AMBEE FAU UFRJ, linked to DTC / FAUUF RJ. Area:*

*energy efficiency in buildings, housing design, cultural aspects of built environment.*

*Arquitecto y Urbanista, Profesor Asociado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad Federal de Rio de Janeiro. Ph.D (2007), Maestría (2000), Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Federal de Rio de Janeiro. Participante del Grupo de Investigación AMBEE FAU UFRJ, vinculado a DTC / FAUUF RJ. Área: eficiencia energética en edificaciones, diseño habitacional, aspectos culturales del ambiente construido.*

alicebrasileiro@fau.ufrj.br

### Marcos Silvano

Professor Associado do Departamento de Tecnologia da Construção, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Engenheiro Civil, Universidade Federal da Bahia (1997). M.Sc. e D.Sc. em Engenharia Civil (2003), COPPE Universidade Federal do Rio de Janeiro (COPPE-UFRJ). Professor do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura da UFRJ (PROARQ-UFRJ), Coordenador do Laboratório de Ensino em Materiais de Construção e Estudo dos Solos e do Canteiro Experimental da FAU/UFRJ. Colíder do Grupo de Pesquisas Gestão de Projetos em Arquitetura: tecnologia, sustentabilidade, BIM (GEPARQ). Atua nas áreas de Engenharia Civil e Arquitetura com ênfase em Materiais de Construção, Sistemas Construtivos, Sustentabilidade e Inovação.

*Professor at the Department of Construction Technology, Faculty of Architecture and Urbanism, Federal University of Rio de Janeiro (DTC-FAU/UFRJ). Civil Engineer, Federal University of Bahia (1997). M.Sc. and D.Sc. in Civil Engineering (2003), COPPE Federal University of Rio de Janeiro (COPPE-UFRJ). Professor of the Postgraduate Program in Architecture at UFRJ (PROARQ-UFRJ) and Coordinator of the Teaching Laboratory in Construction Materials and Study of Soils and the Experimental Site at FAU/UFRJ, Co-leader of the Architectural Project Management Research Group: technology, sustainability, BIM (GEPARQ). He works in the areas of Civil Engineering and Architecture with an emphasis on Construction Materials, Construction Systems, Sustainability and Innovation.*

*Profesor Asociado del Departamento de Tecnología de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Federal de Río de Janeiro (DTC-FAU/UFRJ). Ingeniero Civil, Universidad Federal de Bahía (1997). Maestría y Doctorado en Ingeniería Civil (2003), COPPE Universidad Federal de Río de Janeiro (COPPE-UFRJ). Profesor del Postgrado en Arquitectura de la UFRJ (PROARQ-UFRJ) y Coordinador del Laboratorio de Docencia en Materiales de Construcción y Estudio de Suelos y Sitio Experimental de la FAU/UFRJ, Co-líder del Grupo de Investigación en Gestión de Proyectos Arquitectónicos: tecnología, sostenibilidad, BIM (GEPARQ). Se desempeña en las áreas de Ingeniería Civil y Arquitectura con énfasis en Materiales de Construcción, Sistemas Constructivos, Sostenibilidad e Innovación.*

silvoso@fau.ufrj.br

## Resumo

O artigo, originado em uma dissertação de mestrado, aborda aspectos da preservação do patrimônio moderno e a continuidade de seu uso considerando o desempenho energético, investigando as possibilidades de intervenção, sem descaracterizar ou configurar perda patrimonial. A atuação sobre edificações modernistas, mesmo que sejam tombadas, enfrenta desafios muito próprios, em parte pela pouca consciência coletiva da sociedade de que tais edificações são de fato um patrimônio, representativas de uma época e de uma cultura. Por terem sido construídas em um tempo relativamente próximo à atualidade (em comparação ao patrimônio histórico anterior ao período moderno) e por ainda serem utilizados os mesmos métodos construtivos, é criada a falsa noção de que edificações modernistas não devem ser vistas ou tratadas como patrimônio histórico. O edifício Jorge Machado Moreira (JMM), no Rio de Janeiro, um dos mais representativos exemplares da Arquitetura Moderna, é o objeto de análise deste estudo. O JMM foi concebido na década de 50 para ser a sede da Faculdade Nacional de Arquitetura, atual Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, que hoje compartilha a edificação com outras instâncias da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Ressaltando as características originais do projeto modernista, a investigação utilizou a simulação termoenergética para verificar possibilidades de intervenção na envoltória de um pavimento tipo do bloco principal do JMM, o Bloco A. Partindo da avaliação da classificação pela INI-C de eficiência energética da envoltória do edifício tal como se encontrava em 2016, foram considerados diferentes cenários de intervenções construtivas, todos em consonância à preservação do patrimônio: uso dos brises originais do projeto na fachada noroeste; adição de uma camada de poliestireno expandido no revestimento interno das paredes das fachadas e substituição dos vidros atuais por outros com baixa emissividade. Os resultados demonstram, já na avaliação do cenário de 2016, que a edificação tem, em sua envoltória, um ótimo desempenho energético, quando preservadas suas condições planejadas de ventilação cruzada. No decorrer das avaliações dos diferentes cenários, foi percebido que as intervenções demonstram maior impacto na fachada noroeste – como já seria esperado – e que a combinação da implantação dos brises nessa mesma fachada, juntamente com a substituição de todos os vidros, pode gerar uma melhora de 63 % em relação ao cenário de 2016 e de 89% em relação à edificação de referência preconizada pelo método da INI-C, de classificação D. Os resultados da pesquisa demonstram que é possível conciliar preservação do patrimônio e melhora do seu desempenho energético, mesmo que nem sequer se interfira nos sistemas adicionais de iluminação e condicionamento artificial, que também devem ser criteriosamente especificados, mas que fogem ao escopo deste trabalho. Porém, considera-se como mais significativo resultado o incontestável bom desempenho da envoltória projetada por Jorge Machado Moreira, fruto de um projeto cuidadosamente pensado com as condicionantes climáticas.

**Palavras-chave:** Patrimônio Moderno. Eficiência energética. Simulação. INI-C.

### Abstract

The paper, originated from the master's dissertation, developed over the last two years, addresses aspects of the preservation of modern heritage and the continuity of its use, considering the energy performance and investigating the possibilities of intervention - without mischaracterizing or configuring heritage loss. The action on modernist buildings, even if they are preserved, faces challenges of its own, in part due to society's lack collective awareness that such buildings are in fact a heritage, representative of a time and a culture. Because they were built in a time relatively close to the present (compared to the historical heritage prior to the modern period) and because the same construction methods are still used. In this sense, the false notion is created, that modernist buildings should not be treated as historical heritage. The Jorge Machado Moreira (JMM) building, in Rio de Janeiro, one of the most representative examples of Modern Architecture, is the object of analysis of this study. The JMM was conceived in the 50's to be the headquarters of the National Faculty of Architecture, currently the Faculty of Architecture and Urbanism, which today shares the building with other instances of the Federal University of Rio de Janeiro. Emphasizing the original characteristics of the modernist project, the investigation used thermoenergetic simulation to verify possibilities of intervention in the envelope of a type pavement of the main block of the JMM, Block A. building as it was in 2016, different scenarios of constructive interventions were considered, all in line with heritage preservation: use of the project's original brise soleils on the northwest facade; addition of a layer of expanded polystyrene to the internal cladding of the facade walls and replacement of the current glass with others with low emissivity. The results demonstrate, in the evaluation of the 2016 scenario, that the building has, in its envelope, an excellent energy performance, when its planned conditions of cross ventilation are preserved. During the evaluations of the different scenarios, it was noticed that the interventions show a greater impact on the northwest facade - as would be expected - and that the combination of the implementation of brise soleils on this same facade, together with the replacement of all the glass, can generate an improvement 63% compared to the 2016 scenario and 89% compared to the reference building recommended by the INI-C method, with classification D. The research results show that it is possible to reconcile heritage preservation and improvement of its energy performance, even if it does not even interfere with the additional systems of artificial lighting and conditioning, which must also be carefully specified, but which are beyond the scope of this work. However, the most significant result is the undeniable good performance of the envelope designed by Jorge Machado Moreira, the result of a project carefully thought out with the climatic conditions.

**Keywords:** Modern Heritage. Energy Efficiency. Simulation. INI-C.

### Resumen

El artículo, originado en una tesis de maestría, aborda aspectos de la preservación del patrimonio moderno y la continuidad de su uso considerando el desempeño energético, investigando las posibilidades de intervención, sin caracterizar erróneamente ni configurar la pérdida patrimonial. Actuar sobre edificios modernistas, incluso catalogados, se enfrenta a desafíos propios, en parte debido a la falta de conciencia colectiva de la sociedad de que tales edificios son de hecho patrimonio, representativos de una época y una cultura. Debido a que fueron construidos en una época relativamente cercana al presente (en comparación con el patrimonio histórico anterior a la época moderna) y debido a que todavía se utilizan los mismos métodos de construcción, se crea la falsa noción de que los edificios modernistas no deben ser vistos ni tratados como históricos. Patrimonio. El edificio Jorge Machado Moreira (JMM), en Río de Janeiro, uno de los ejemplos más representativos de la Arquitectura Moderna, es objeto de análisis de este estudio. El JMM fue concebido en la década de 1950 para ser la sede de la Facultad Nacional de Arquitectura, actualmente Facultad de Arquitectura y Urbanismo, que hoy comparte el edificio con otras instancias de la Universidad Federal de Río de Janeiro. Enfatizando las características originales del proyecto modernista, la investigación utilizó simulación termoenergética para verificar posibilidades de intervención en la envoltante de un piso tipo del bloque principal de la JMM, Bloque A. A partir de la evaluación de la clasificación por INI-C de energía eficiencia de la envoltante del edificio tal y como era en 2016, se consideraron diferentes escenarios de intervenciones constructivas, todos ellos en línea con la preservación del patrimonio: aprovechamiento de los brises originales del proyecto en la fachada noroeste; incorporación de una capa de poliestireno expandido en el revestimiento interior de los muros de fachada y sustitución de los vidrios actuales por otros de baja emisividad. Los resultados demuestran, ya en la evaluación del escenario de 2016, que el edificio tiene, en su envoltante, un excelente desempeño energético, cuando se conservan sus condiciones previstas de ventilación cruzada. Durante la evaluación de los diferentes escenarios, se observó que las intervenciones tienen un mayor impacto en la fachada noroeste -como era de esperar- y que la combinación de instalar los brises en esa misma fachada, junto con la sustitución de todos los vidrios, puede generar una mejora del 63% en relación al escenario de 2016 y del 89% en relación al edificio de referencia recomendado por el método INI-C, clasificado como D. Los resultados de la investigación demuestran que es posible conciliar la conservación del patrimonio y la mejora de su rendimiento energético, incluso si ni siquiera interfiere con la iluminación adicional y los sistemas de acondicionamiento artificial, que también deben especificarse cuidadosamente, pero que están fuera del alcance de este trabajo. Sin embargo, el resultado más significativo es el indiscutible buen desempeño de la envoltante diseñada por Jorge Machado Moreira, resultado de un proyecto cuidadosamente pensado con las condiciones climáticas.

**Palabras clave:** Patrimonio Moderno. Eficiencia energética. Simulación. INI-C.

## Introdução

Preservar um patrimônio é garantir que ele se mantenha disponível para futuras gerações, como registro de memória e significações. Contudo, a preservação do patrimônio, combinada a ações de adequação aos usos e tecnologias contemporâneas, visando a diminuição do consumo energético, raramente se apresenta como uma equação de soluções fáceis.

A busca de corretas combinações entre preservações históricas e ambientais tem produzido restaurações e pesquisas que fomentaram este campo nas últimas décadas. Na Europa, por exemplo, Zazzini e Capone (2018) conduziram um estudo mostrando as potencialidades de intervenções não invasivas em uma edificação histórica, usando um *software* de simulação. Os autores concluíram que, apesar das limitações arquitetônicas da legislação do patrimônio, era possível respeitá-las e ainda assim alcançar bons resultados do ponto de vista econômico e energético.

Obviamente, há limitações impostas pela conservação histórica e arquitetônica do edifício. Ao comparar intervenções no Palazzo Battaglia, na Sicília, Itália, Milone *et al.* (2015) concluíram que em termos de desempenho energético e custo de implantação, a melhor tecnologia disponível tem melhores resultados na questão energética. Contudo, para que não se altere o mérito artístico e arquitetônico das edificações históricas, é satisfatório aplicar uma solução que apresente resultados inferiores, porém ainda assim capaz de melhorar o desempenho termoenergético da envoltória do edifício. Não há uma única solução ótima, mas sim uma combinação produzida a partir do clima, das singulares características físicas do edifício, suas demandas de preservação e uso atual (TROI; PFLUGER; ORLANDI, 2015).

No Brasil também há alguns exemplos. Baracho (2013) pesquisou sobre as práticas anglo-saxônicas aplicadas a museus, combinando os temas e utilizando a expressão “patrimônio sustentável”. Esteves (2010) e Nicoletti (2009), também no Brasil, investigaram propostas que conjugam intervenções com renovação predial. Ambas as análises se aplicam sobre edificações pertencentes ao Movimento Moderno, de uso comercial: o IRB-RJ e um edifício da esplanada de Brasília, respectivamente. Outro estudo mais recente, de Guimarães (2017), mostrou a preocupação de analisar uma viabilidade de renovação de uma outra edificação moderna: o aeroporto Santos Dumont - RJ.

Em se tratando de Arquitetura Moderna, a sua preservação é especialmente complexa, muito pelo fato de ainda usarmos suas técnicas, materiais e estarmos tão próximos temporalmente ao período no qual eles foram concebidos e construídos. Segundo Jokilehto (2003), qualquer avaliação da herança moderna acaba por representar um “auto-julgamento”, o que pode contribuir no tratamento diferenciado na questão do campo teórico crítico da restauração em relação ao patrimônio histórico e o patrimônio moderno (GUIMARÃES, 2016), pois tais edificações são confundidas com construções contemporâneas sem valor, dificultando o reconhecimento de sua importância cultural e significado histórico (LIRA, 2015).

É justamente sobre uma obra da Arquitetura Moderna, o Edifício Jorge Machado Moreira, que este estudo se debruça, apresentando questões a respeito da conservação de um bem e o impacto que uma possível reabilitação construtiva de um edifício pode determinar para redução do seu consumo energético.

O Edifício Jorge Machado Moreira (JMM), batizado em homenagem ao arquiteto criador, foi projetado para ser a sede da FNA – Faculdade Nacional de Arquitetura [1], atual Faculdade de Arquitetura e Urbanismo (FAU) da Universidade Federal do

Rio de Janeiro (UFRJ). Com status de não-concluído, a edificação foi ocupada em 1961 e em dezembro de 2016 recebeu a titulação provisória de tombamento pelo poder municipal<sup>1</sup>. Apesar do termo “provisório”, o edifício tombado provisoriamente recebe o mesmo valor como um definitivo, isto porque ambos têm eficácia imediata. Ou seja, legalmente, o tombamento provisório possui caráter preventivo e assemelha-se ao definitivo (BRASIL, 1937).



FIGURA 1 – Construção da Faculdade Nacional de Arquitetura (FNA) - 1958.

Fonte: Acervo do Núcleo de Pesquisa e Documentação – UFRJ/FAU - Brasil

Dentre as condicionantes estudadas para a implantação do edifício pode-se citar um amplo estudo dos índices climáticos, de insolação e direção dos ventos predominantes (CORDEIRO, 2015), que resultaram em um projeto com planejamento cuidadoso de brises soleis, da iluminação natural e da ventilação cruzada, sem prejuízo do aspecto acústico entre salas de aula.

Utilizado por mais de meio século para atividades acadêmicas e também administrativas – que foram sendo incorporadas no uso da edificação – o JMM, em 2016<sup>2</sup>, contava com muito mais ocupantes e atividades do que as previstas na concepção original de seu projeto. Esse edifício monumental vem passando por incêndios, enchentes e um processo contínuo de desgaste e deterioração, seja pela falta de recursos investidos em sua manutenção, como também pela ausência de critérios na maior parte de suas intervenções.

Diante das inúmeras modificações internas que afetaram as estratégias arquitetônicas voltadas para o conforto – como o fechamento da ventilação cruzada em alguns ambientes de salas de aula – e o superaquecimento do ambiente, os usuários passaram a instalar climatizadores, criando assim, uma dependência de sistemas ativos para refrigeração como uma resposta ao desconforto térmico.

Em virtude dos pontos mencionados, o edifício JMM atualmente encontra-se descaracterizado em sua imagem e na leitura de sua volumetria. É comum perceber a poluição visual ocasionada pelos condicionadores de ar localizados no exterior da

<sup>1</sup> De acordo com o decreto 42710, de 29 de dezembro de 2016, fica especificado nos seus artigos que o Edifício JMM foi tombado provisoriamente, referindo-se especificamente a sua volumetria, as fachadas, gradis e esquadrias.

<sup>2</sup> Em outubro de 2016, o JMM passou por um incêndio no 8º andar, havendo desdobramento dos danos nos andares inferiores, em suas instalações elétricas e hidrossanitárias. Desde então, até o presente momento (primeiro trimestre de 2022), ele ainda não foi completamente recuperado, não tendo sido mais ocupado nos 5º, 6º, 7º e 8º andares.

edificação e, neste caso, a fixação desse tipo de aparelho afeta não somente a imagem do edifício como também o comprometimento às técnicas construtivas ligadas à materialidade.

Contudo, vale mencionar, a climatização dos ambientes no JMM não é danosa apenas ao próprio edifício enquanto bem patrimonial, há também de se considerar o aumento significativo no seu consumo energético.

Considerando o exposto, emerge o aspecto da intervenção no JMM, porém sem a perda de sua memória construtiva e valor patrimonial. No enfoque dado ao presente trabalho, esse questionamento relacionará eficiência energética e as especificidades da Arquitetura Moderna como patrimônio. Assim, este estudo tem por objetivo verificar e testar potencialidades de reabilitação energética para o JMM no que tange à sua envoltória, sem que haja sua descaracterização como Patrimônio Moderno. Usando um software de simulação termoenergética, foram estudados cenários de ações de intervenção, considerando o uso de brises, substituição de vidros ou modificação na constituição das paredes das suas fachadas.

Desta forma, acredita-se que a preservação da Arquitetura Moderna, conciliada, especialmente, aos aspectos da conservação de energia e do conforto ambiental, tão diretamente ligado aos preceitos modernos, seja um tema que poderá contribuir para um maior entendimento construtivo e maior valoração da edificação, entendendo a necessidade de sua preservação e continuidade de funcionamento de forma energeticamente eficiente.

## O Edifício JMM

O JMM é um edifício de aproximadamente 68 mil metros quadrados, cujo projeto reflete seu porte e também complexidade. Por questões do espaço reduzido de um artigo, apenas algumas das suas características serão aqui pontuadas, por estarem diretamente ligadas à investigação feita. Mais informações sobre o projeto e sua concepção podem ser conferidas em Jardim (2017) e Autor (2022).

### Implantação

Estudos previamente desenvolvidos por Sá (1952) determinaram a orientação predominante na Cidade Universitária, a qual foi seguida no JMM. Em virtude disso, os ateliês de trabalho foram posicionados a 33°56'SE.

### Partido Arquitetônico

O edifício possui em sua composição geral um bloco principal (Bloco A)<sup>3</sup> de 173 metros de comprimento por 25 metros de largura com 8 pavimentos, sendo 6 pavimentos tipo. Tal bloco é interseccionado por um volume perpendicular de menor altura composto por 2 blocos (B e C) conectando-se a um bloco de dois pavimentos (Bloco D) paralelo ao bloco principal. Concomitantemente aos blocos mencionados foi projetado também um bloco externo (Bloco E) conectado por meio de passagem com o Bloco D (não construído), no qual estaria localizado o Museu de Arquitetura Comparada [2].

<sup>3</sup> O Bloco A é o foco da análise da presente pesquisa.

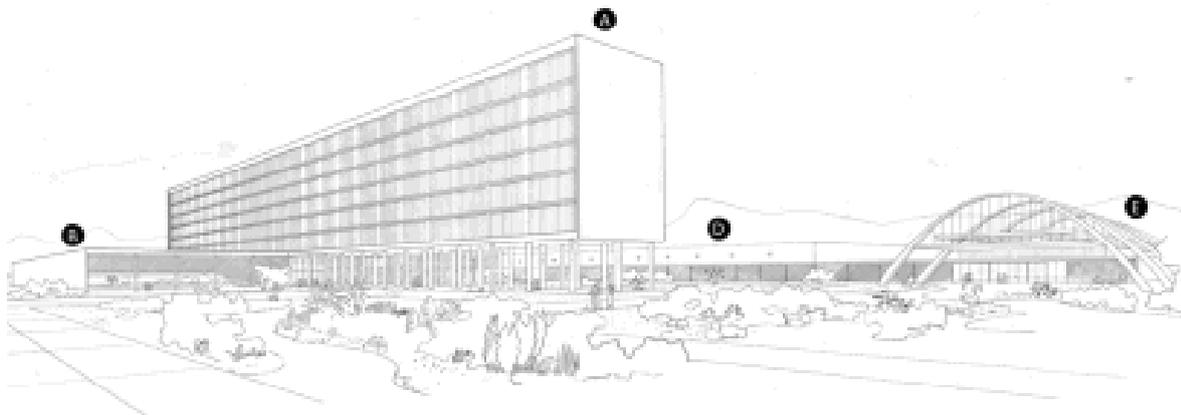


FIGURA 2 – Perspectiva do projeto original do edifício JMM com a identificação de parte dos blocos que compõem o edifício.

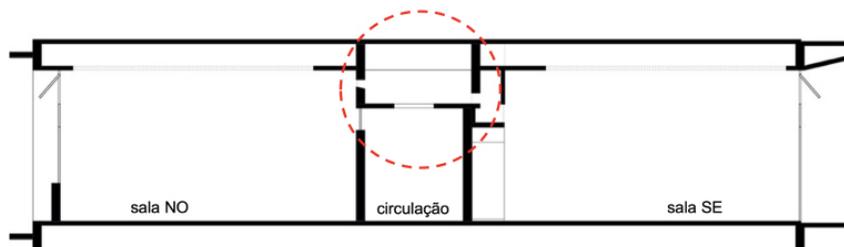
Fonte: Acervo do Núcleo de Pesquisa e Documentação – UFRJ/FAU – Brasil, adaptado pelo autor.

### Ventilação cruzada

Para permitir a existência da ventilação cruzada no Bloco A, entre as salas de trabalho voltadas a sudeste e as salas de aulas teóricas orientadas a noroeste, o arquiteto projetou aberturas intermediárias permanentes, possibilitando a passagem da ventilação de um ambiente para outro, pela interligação através do espaço superior da circulação central do andar [3].

FIGURA 3 – Corte transversal de um pavimento tipo do bloco A do edifício JMM

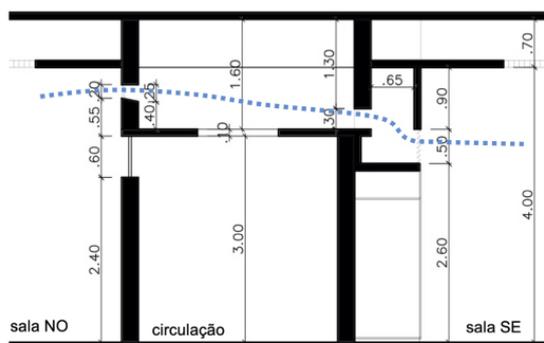
Fonte: Imagem produzida pelo autor



Para que a passagem da ventilação não comprometesse acusticamente, o arquiteto se utilizou de recurso formalista para criar uma câmara acústica que auxilia na redução dos ruídos que poderiam ser transferidos de um ambiente para o outro. O som, ao entrar na câmara acústica, dissiparia ao encontrar os obstáculos oriundos pela forma projetada. Em contrapartida, o movimento ascendente do vento predominante de SE não é impedido, uma vez que esta forma não criaria obstáculos. Já nas salas de aulas teóricas, o procedimento realizado foi a criação do rasgo com maior espaço para a entrada do ar e com uma saída mais estreita. Esse afunilamento ajuda a aumentar o diferencial de pressão entre os ambientes, resultando em maior facilidade na passagem do vento [4].

FIGURA 4 – Detalhe construtivo da ventilação cruzada

Fonte: Imagem produzida pelo autor, com base no projeto original



## Esquadrias e iluminação natural

A área dos elementos transparentes, em cada sala, foi cuidadosamente estudada, sendo combinada com a quantidade de módulos intercolúnios, em cada fachada, para que satisfizesse à mesma disponibilidade de iluminação natural para os ambientes. Na fachada sudeste, a área de vidros soma 20,6m<sup>2</sup> nos três módulos de cada ateliê, e na fachada noroeste, 20,5m<sup>2</sup> nos quatro módulos de cada sala<sup>4</sup> [5].

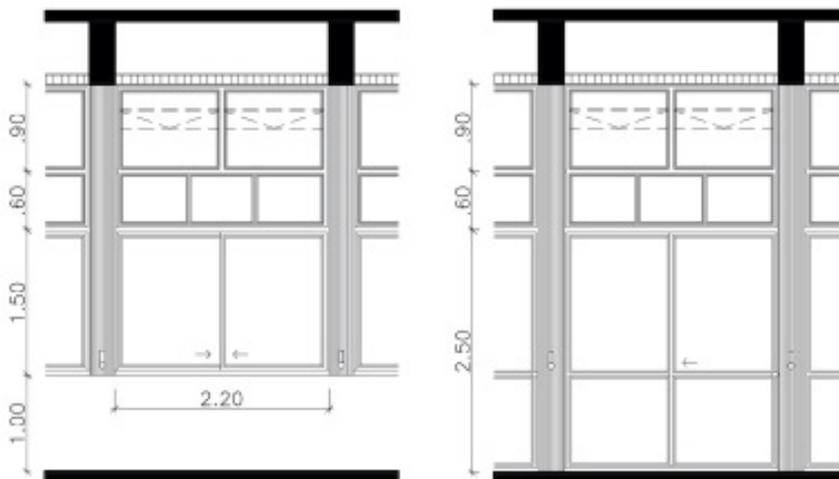


FIGURA 5 – Desenho da esquadria localizada na fachada SE – Salas de trabalho (imagem à esquerda) e da esquadria localizada na fachada NO – Salas teóricas/sala dos catedráticos (imagem à direita)

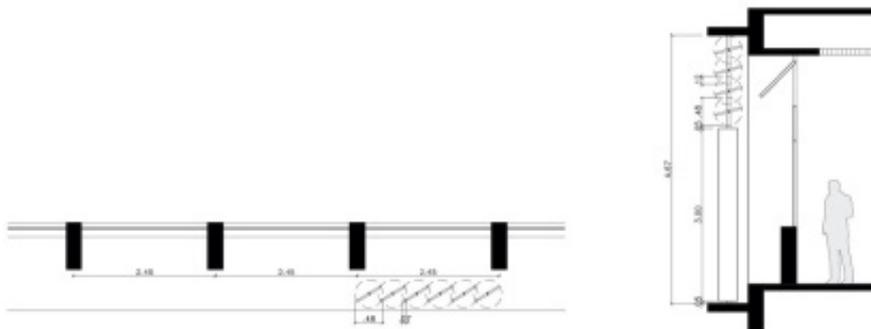
Fonte: Desenhos produzidos pelo autor, com base no projeto original.

## Brises-Soleils

Os brises da fachada noroeste do JMM passaram por várias propostas, sendo a última delas a combinação de peças verticais e horizontais, todas móveis [6].

FIGURA 6 – Última versão do projeto do sistema de brises para as salas com orientação NO – Salas teóricas / salas dos catedráticos

Fonte: Imagem produzida pelo autor, com base no projeto original



Apesar dos extensos estudos sobre os brises, nunca se chegou a uma definição que fosse aprovada para sua fabricação e instalação. Diante disso, foram instalados protótipos com diferentes tipologias em duas salas do edifício [7], de modo a dar continuidade aos estudos de definição do modelo final. Contudo, esses foram os únicos brises instalados, e a última proposta deles foi colocada em apenas um módulo de um ambiente do edifício, a sala 330 [8].

<sup>4</sup> Na unidade FAU, as salas orientadas para a fachada noroeste apresentam diferentes variações de quantidade de intercolúnios, sendo a mais comum 4 intercolúnios. Essas salas eram designadas aos catedráticos e, atualmente, estão alocados os departamentos. As salas de aulas teóricas – que apresentam capacidade elevada de alunos – concentram 6 intercolúnios.



FIGURA 7 – Fachada do edifício JMM com a instalação dos protótipos dos brises, década de 1960

Fonte: Acervo do Núcleo de Pesquisa e Documentação – UFRJ/FAU – Brasil



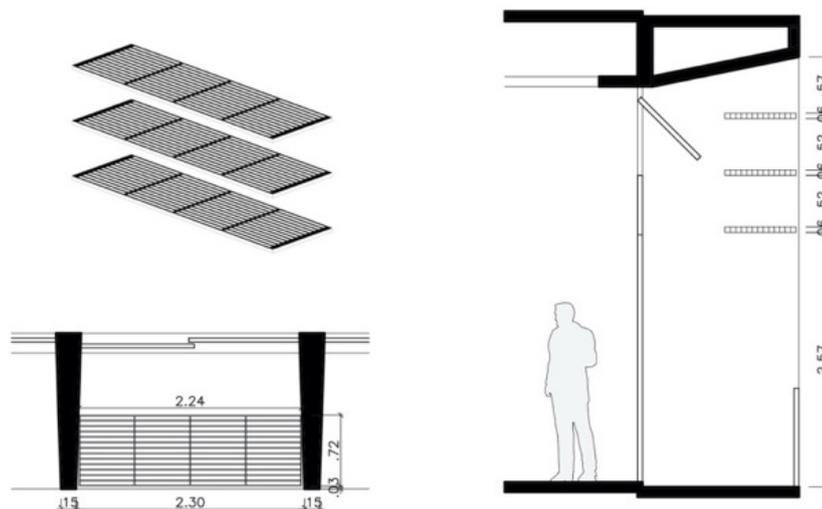
FIGURA 8 – Resquícios dos protótipos dos brises instalados na fachada

Fonte: Imagens produzidas pelo autor, 2019

Cabe o registro de que o arquiteto previu a existência de brises também na fachada sudeste, para evitar o ofuscamento visual nas mesas próximas às janelas [9], porém o projeto não foi concretizado, não havendo nem mesmo a instalação de protótipos.

FIGURA 9 – Projeto do sistema de brises para as salas com orientação SE – salas de trabalho

Fonte: Imagem produzida pelo autor, com base no projeto original



## Procedimentos metodológicos

Iniciada pelas análises bibliográficas, com aprofundamento nos campos histórico, teórico e tecnológico, a pesquisa seguiu com a revisão documental do projeto do JMM. Foram redesenhadas as plantas, entendendo as mudanças acontecidas ao longo do tempo e inserindo-as em um programa de simulação termoenergética, a fim de construir um modelo que reproduzisse as características reais. Para a simulação apresentada, foi utilizado o *software DesignBuilder* (versão v6.1.8.021) que usa o algoritmo do *EnergyPlus* (versão 8.9).

Com vistas a verificar seu desempenho e classificação energética, a simulação utilizada foi a prevista no método da Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas – INI-C (INMETRO, 2021), avaliando-se apenas a envoltória vertical<sup>5</sup>, utilizando os valores padronizados de referência para os sistemas de iluminação e condicionamento de ar<sup>6</sup>. Em que pese o fato de, no Rio de Janeiro, ser necessário o uso do condicionamento artificial para obtenção de conforto em alguns momentos do ano, a intenção foi evidenciar o desempenho da envoltória, investigando seu comportamento e suas possibilidades de contribuição para melhora do desempenho energético da edificação – inclusive, para reduzir a necessidade de uso do ar-condicionado. Como dados de saída, foram analisados o consumo energético em kWh/ano e o percentual de horas ocupadas em conforto, a partir das temperaturas operativas e neutras a cada uma das 3650 horas letivas anuais. Cada temperatura operativa por faixa de hora foi transformada em uma temperatura neutra – seguindo as conclusões definidas por

<sup>5</sup> Entende-se que há uma carga térmica maior advinda do pavimento de cobertura, mas como a investigação se concentrou nas possibilidades da envoltória vertical, a interferência da cobertura não fez parte do recorte da pesquisa.

<sup>6</sup> 15,5W/m<sup>2</sup> para densidade de potência de iluminação (DPI) e 2,6 para o coeficiente de performance (COP) do condicionamento de ar.

Pereira e Assis (2010). Na sequência, ainda seguindo as conclusões das autoras e por De Dear e Brager (2002), foi realizada uma nova equação, a fim de determinar a amplitude para conforto de cada hora<sup>7</sup>, quantificando seu total geral.

Destaca-se que segundo Fontenelle (2016), a proposta estudada por De Dear e Brager (2002) se apresenta como a mais pertinente para a região carioca, principalmente para as edificações que contam, com ventilação natural, uma vez que tendem a ter maior tolerância às variações de temperatura do ar com uma faixa de temperatura de conforto mais ampla.

Depois de determinada a temperatura neutra e aplicada a faixa de aceitabilidade (ASHRAE, 2013), em que 90% dos usuários toleram uma variação de 2,5°C para mais ou para menos foi determinado o quantitativo de horas de conforto e desconforto (não foram consideradas as horas em desconforto por frio, por não terem quantitativo significativo no Rio de Janeiro).

Como recorte físico do estudo, adotou-se um pavimento tipo do principal bloco do JMM (4º pavimento do Bloco A). Desse modo, foram analisadas as temperaturas operativas e neutras do pavimento tipo como um todo e de três ambientes padrões deste pavimento, para observação das diferentes nuances de resultados. Os três ambientes foram as salas 427 (um ateliê) na fachada sudeste; 422 (uso administrativo) e 420 (sala de aula recém transformada a partir de uma sala de uso administrativo), sendo estas duas na fachada noroeste [10].

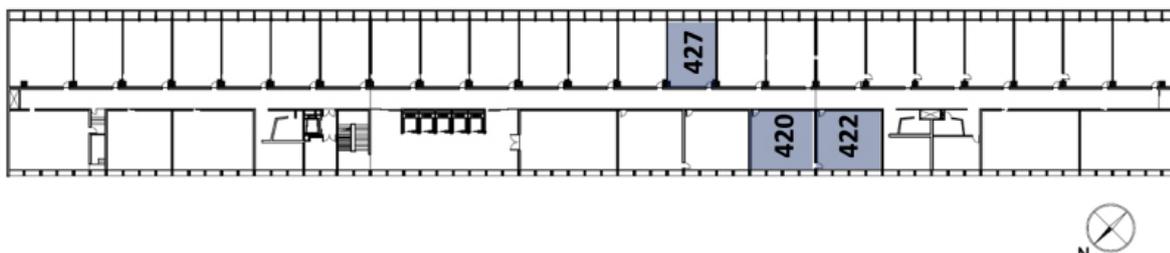


FIGURA 10 – Planta do 4º pavimento, com realce para as salas 427, 422 e 420

Fonte: Imagem produzida e adaptada pelo autor, com base no projeto original.

Para a simulação, foram desenvolvidos quatro cenários de avaliação. A adoção desses cenários tem por objetivo verificar algumas possibilidades de intervenção, compreendendo quais influências teriam maior relevância em uma proposta que implemente um eficiente desempenho térmico e energético, respeitando o valor patrimonial da edificação.

### Cenário Base - 2016

O estudo desse cenário tem por objetivo compreender a resposta do desempenho energético da envoltória na edificação em seu estado “atual” (imediatamente anterior ao incêndio de 2016).

### Cenário A – Brises-soleils

Sobre o Cenário Base – 2016, considera o sombreamento das aberturas da fachada noroeste, proporcionado pelos brises tal como foram projetados. Como é um sistema móvel, a análise tomou como base para o ângulo horizontal e vertical das aletas em relação a fachada noroeste o valor de 45°. Tal escolha visou evitar que a simulação fosse realizada aos extremos, completamente abertos ou completamente fechados.

<sup>7</sup> Equação para cálculo da temperatura Neutra conforme Pereira e Assis (2010) e De Dear e Brager (2002):

$$T_n = 17,8 + 0,31 \times T_{mm}$$

$T_n$  – Temperatura neutra

$T_{mm}$  – Temperatura média mensal externa

### Genário B – Poliestireno Expandido (EPS)

Sobre o Cenário Base – 2016, considera a aplicação de placas EPS de 1cm no revestimento das faces internas das fachadas. Tal medida se deu por questões projetuais e patrimoniais, evitando-se assim o aumento considerável da espessura das paredes.

Os estudos acerca da incorporação de materiais simples como o isopor para isolamento térmico são fartos, e se apresentam como uma alternativa à diminuição da carga térmica incidente nos ambientes internos. Assim como foi estudado por Nicoletti (2009), a inserção do EPS na face interna das paredes das fachadas de edificações tombadas se torna uma viabilidade para diminuir a transmitância térmica das vedações<sup>8</sup>.

Para efeito comparativo, no presente estudo, as paredes existentes possuem transmitância térmica de 1,85 W/m<sup>2</sup>K, enquanto o modelo criado passou a contar com transmitância de 1,265 W/m<sup>2</sup>K.

### Genário C – Vidros com baixa emissividade

Sobre o Cenário Base – 2016, considera-se a substituição dos vidros simples por vidros *low-e* (*low emissivity* = baixa emissividade). A adoção de novos vidros de baixa emissividade se apresenta como um viés possível para alteração, uma vez que suas propriedades físicas são extremamente diferentes daquelas existentes em vidros comuns, mas seu aspecto visual se assemelha bastante com a condição atual da edificação.

Nesse sentido, este cenário buscou simular a substituição de todos os vidros da edificação. São vidros que possuem em sua superfície finas camadas de metal que ajudam na reflexão da radiação infravermelha de ondas longas (EWC, 2022). Assim, os vidros são transparentes ao espectro solar (luz visível e radiação de ondas curtas) e refletivos à radiação de ondas longas.

Os vidros atuais, que compõem as esquadrias da edificação, são vidros simples de 6mm. Como não há especificação dos dados de fator solar, nos registros históricos do edifício, adotou-se a configuração padrão do *software* para vidros simples de 6mm, o qual possui fator solar de 0,819. Para a simulação deste cenário foi utilizado um vidro *low-e* existente no mercado e fabricado pela Cebrace, com as seguintes características [11]:

#### COOL LITE SKN 154 - NEUTRAL

TRANSMISSÃO LUMINOSA	50%
REFLEXÃO LUMINOSA EXTERNA	24%
REFLEXÃO LUMINOSA INTERNA	26%
TRANSMISSÃO ENERGÉTICA	24%
ABSORÇÃO ENERGÉTICA	38%
FATOR SOLAR	0,33
COEFICIENTE DE SOMBREAMENTO	0,38
VALOR U (U W/M <sup>2</sup> K)	5,6
SELETIVIDADE	1,52

FIGURA 11 – Características do vidro low-e utilizadas para a configuração do modelo

Fonte: Produzido pelo autor, a partir do catálogo do fabricante

<sup>8</sup> O EPS, com o desenvolvimento da tecnologia e o maior rigor da normalização brasileira, atualmente pode ser autoextinguível, não propagando chamas, denominado como classe "F" pela NBR-11752 (ABNT, 2016).

Cada cenário foi simulado e analisado individualmente, gerando dados que foram tabulados e comparados entre si para identificar o desempenho da edificação desde o momento passado até uma possível realidade no futuro.

Como já mencionado, os resultados foram submetidos à metodologia de classificação da INI-C, comparando a carga térmica calculada com a carga térmica de uma edificação de referência, que guarda a mesma geometria da edificação real, porém, com características que a levam ao nível D de classificação. O resultado se dá em função do percentual de redução do consumo em relação à edificação de referência – quanto maior a redução, melhor a classificação<sup>9</sup>.

## Resultados e Discussão

Os resultados são apresentados e analisados a partir de cada cenário estabelecido pela pesquisa. Os dados do cenário base serão apresentados de forma detalhada para o pavimento e para cada uma das três salas. Os demais cenários serão apresentados com seus resultados agrupados, com vistas a agilizar sua visualização<sup>10</sup>.

### Resultados do Cenário Base - 2016

A avaliação do resultado para o modelo do cenário base – 2016 comprovou que a tradição modernista de aplicação de um grande pano de vidro nas fachadas só poderia ser energeticamente viável quando projetado com a integração da ventilação natural e, de preferência, utilizando-se da ventilação cruzada. O resultado para o 4º pavimento demonstrou que o total das horas de desconforto anual passou pouco mais de 1/3 dos horários letivos [12].

Apenas por título de comparação, a constatação dessa situação pode ser exemplificada quando se utiliza o modelo do cenário base - 2016 da edificação e a transforma em edificação totalmente condicionada. Nesse caso, o resultado de ineficiência do desempenho energético é tamanho que passou a ser categorizado com classificação E, sendo pior que o modelo de referência.

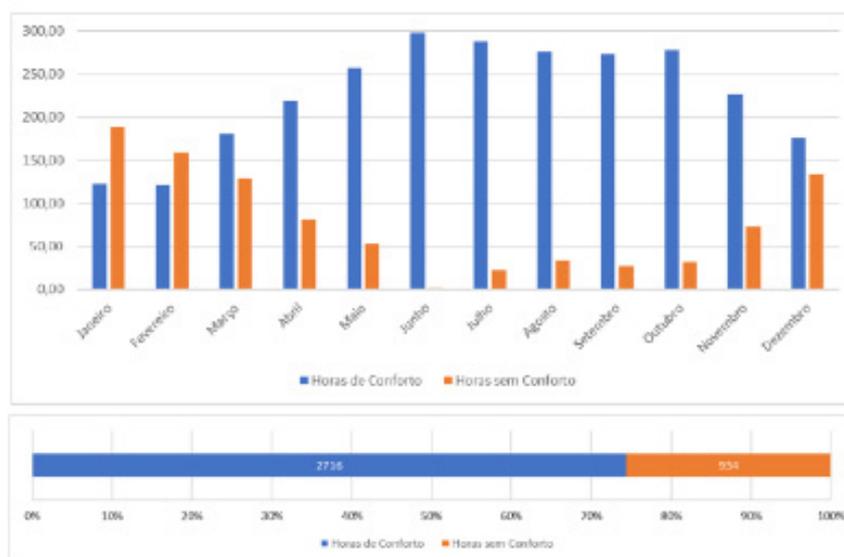


FIGURA 12 – Horas de conforto e desconforto no pavimento, Cenário Base - 2016

Fonte: Produzido pelo autor

<sup>9</sup> Cabe a informação de que as classificações não são fixas pelos percentuais de redução da carga térmica; os limites variam em função do clima onde está situada a edificação e também da relação entre sua volumetria e área de envoltória, conhecida como Fator de Forma. Para mais informações, ver INMETRO, 2021.

<sup>10</sup> Os resultados detalhados por sala podem ser vistos em Autor (2022).

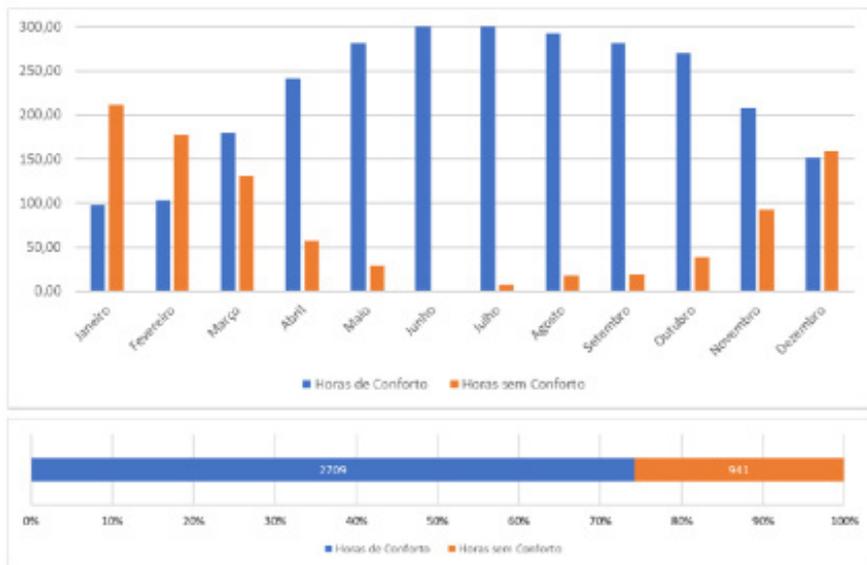


FIGURA 13 – Horas de conforto e desconforto na sala 427, Cenário Base - 2016

Fonte: Produzido pelo autor

Os resultados para a sala 427, na fachada sudeste, podem ser vistos a seguir [13].

A sala 427, voltada para a fachada sudeste e repetindo-se 20 vezes no pavimento tipo, impulsiona as condições de conforto do andar. Ao analisar a sala 422, voltada para a fachada noroeste, é possível perceber que as horas de desconforto aumentam consideravelmente [14]:

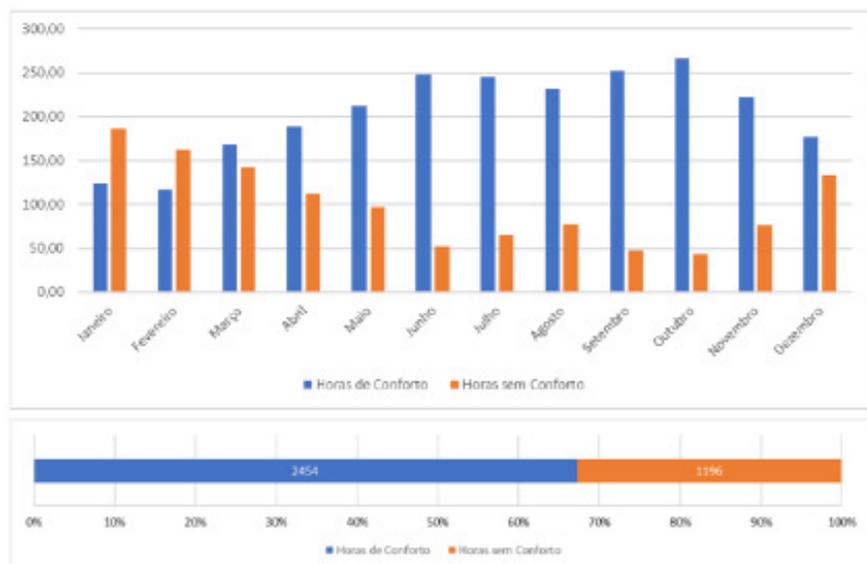


FIGURA 14 – Horas de conforto e desconforto na sala 422, Cenário Base - 2016

Fonte: Produzido pelo autor

O decréscimo das horas de conforto da sala 422, onde hoje funciona um departamento (uso administrativo), difere em mais de 250 horas de uma sala de ateliê. Em uma análise simples, o desconforto nos ambientes departamentais voltados para a fachada noroeste chega a ser perto de 30 dias letivos a mais, em relação à sala 427. O desconforto pode piorar quando, nessas salas departamentais, há uma substituição do uso, transformando-as em salas de aula convencionais, o que ocorreu com a sala 420, que passou a comportar alunos e seus computadores pessoais, aumentando, assim, o desconforto no ambiente. Esse fato foi percebido nas quantidades de horas de desconforto obtidas na sala 420 [15].

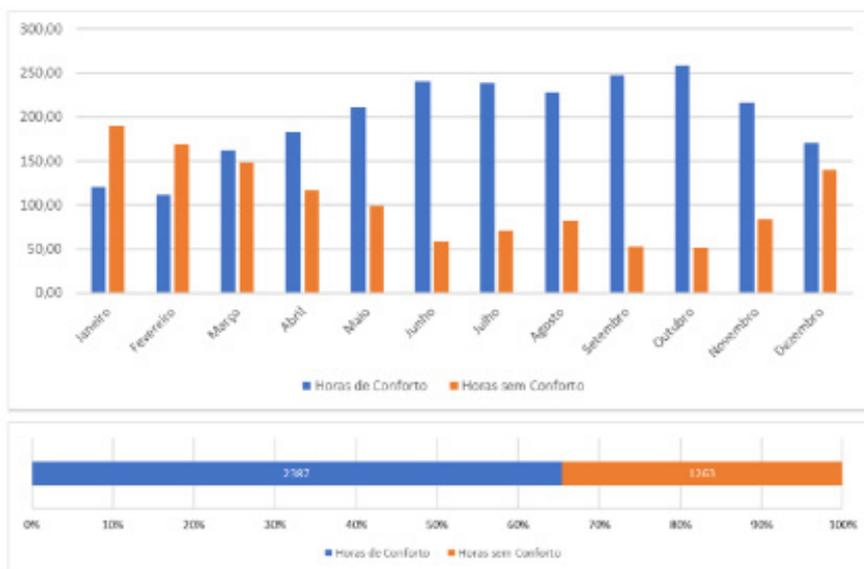


FIGURA 15 – Horas de conforto e desconforto na sala 420, Cenário Base - 2016

Fonte: Produzido pelo autor

Nesse sentido, percebe-se então que a alteração de uso se traduz em um aumento de quase 2% nas horas de desconforto, um acréscimo de cerca de 65 horas em desconforto.

FIGURA 16 – Cálculo da carga térmica total do Cenário Base - 2016

Fonte: Produzido pelo autor

Isto posto, a partir dos dados gerados foi possível, então, fazer a classificação energética do cenário base - 2016, o qual contou com um consumo de 344.845,20 KW por ano [16].

MODELO	Consumo Energético Anual (KW)	CoP	Carga Térmica do Pavimento	Número de Pavimentos	Carga Térmica Extrapolada	% de horas em desconforto	Carga Térmica Total
<b>CENÁRIO BASE 2016</b>	344.845,20 KW	2,6	896.597,52K Wh/ano	6	5.379.585,12 KWh/ano	25,59%	1.376.584,25 KWh/ano

A partir da obtenção da carga térmica total, a qual foi calculada em 1.376.584,25 KWh/ano, comparou-se tal cenário com o cenário de referência, obtendo-se assim uma classificação energética A para a envoltória e 71,24% melhor que a referência [17].

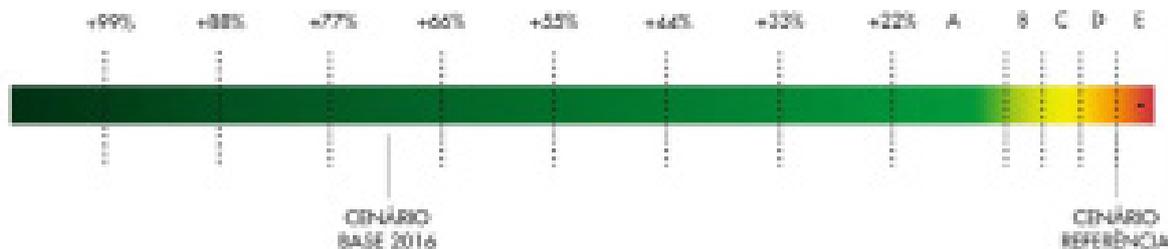


FIGURA 17 – Escala gráfica comparativa de eficiência energética entre o cenário de referência e o cenário base – 2016.

Fonte: Produzido pelo autor

Esse resultado, por si só, já evidencia o quanto a envoltória do JMM pode responder bem ao desempenho termo energético, se for permitido o pleno funcionamento de sua ventilação cruzada.

### Resultados do Cenário A – Brises

A incorporação dos brise-soleils foi considerada apenas na fachada noroeste. Em relação ao resultado do pavimento com brises, comparado ao cenário 2016, o decréscimo em mais de 200 horas na quantidade total de horas em desconforto já apresenta um grande benefício para o consumo de energia. A simulação do cenário com brises demonstra que, como elemento projetado originalmente ao edifício, produziria efeitos benéficos à edificação, gerando uma grande diferença comparada a situação atual [18].

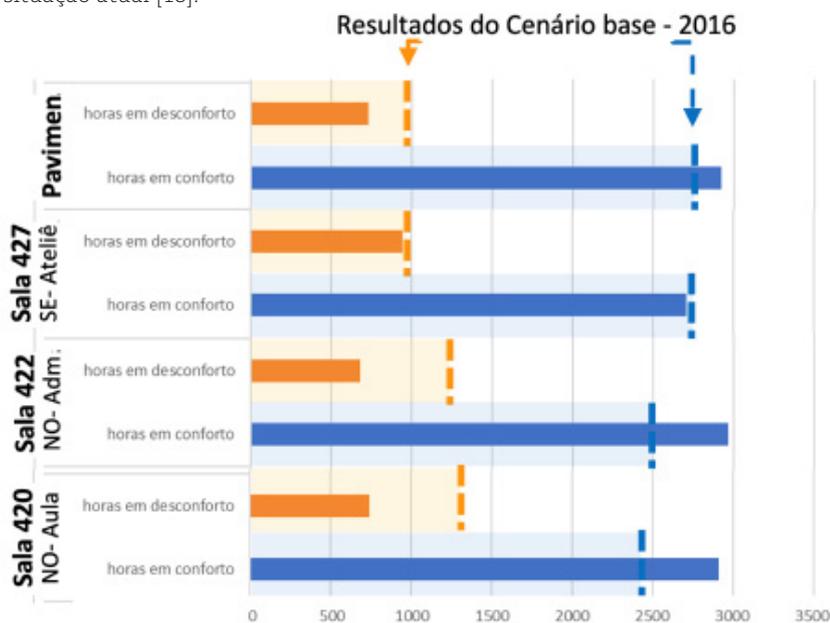


FIGURA 18 – Horas em conforto e desconforto do Cenário A – Brises, para o pavimento e para as salas 477, 422 e 420, comparados aos resultados do Cenário Base – 2016.

Fonte: Produzido pelo autor

Durante todos os meses do ano (com exceção de janeiro e fevereiro) a instalação dos brises consegue providenciar maior quantidade de horas de conforto em comparação às horas de desconforto. Janeiro e fevereiro costumam ser os meses mais quentes, normalmente, e também os meses de recesso acadêmico (salvo períodos letivos atípicos).

A classificação energética da envoltória neste cenário, o qual contou com um consumo anual de 326.959,20Kw, apresenta assim uma carga térmica total anual de 1.020.112,70 Kwh/ano, traduzindo-se assim em uma melhora de 78,69% em relação ao cenário de referência e 26% em relação ao cenário base – 2016 [19].

O ganho percentual no resultado com a consideração dos brises oriundos do projeto original confirma o bom desempenho da envoltória concebida em um projeto modernista, mesmo quando avaliada por uma metodologia criada meio século após o edifício.

MODELO	Consumo Energético Anual (KW)	CoP	Carga Térmica do Pavimento	Número de Pavimentos	Carga Térmica Extrapolada	% de horas em desconforto	Carga Térmica Total
<b>CENÁRIO BASE 2016</b>	326.959,20 KW	2,6	850.093,92 KWh/ano	6	5.100.563,52 KWh/ano	20%	1.020.112,70 KWh/ano

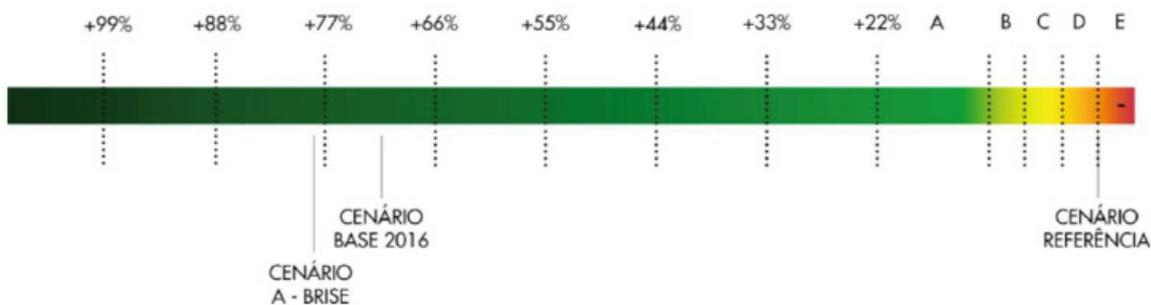


FIGURA 19 – Carga térmica total do Cenário A – Brises e escala gráfica comparativa de eficiência energética entre o cenário de referência, o cenário base – 2016 e o cenário A – Brises.

Fonte: Produzido pelo autor

### Resultados do Cenário B – EPS

A pesquisa constatou que a adoção deste material não contribui de uma maneira geral para uma melhoria no pavimento, ao contrário, faz piorar a situação existente no cenário base - 2016. Isto porque há um ganho de carga térmica pelas aberturas da fachada noroeste que não consegue ser dissipada pelas paredes, diante de seu isolamento que, por questões de preservação, a adição de uma nova camada de material só poderia ser realizada internamente [20].

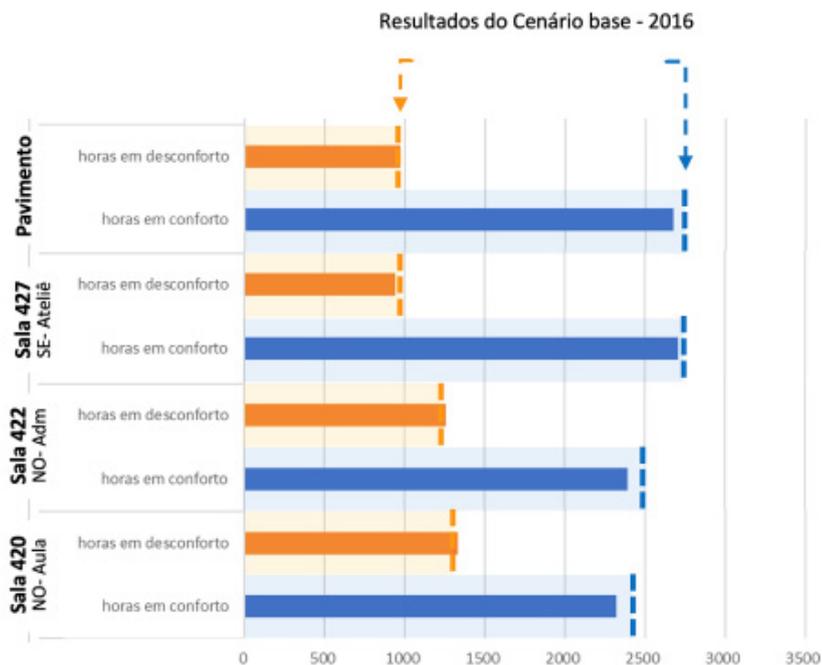


FIGURA 20 – Horas em conforto e desconforto do Cenário B – EPS, para o pavimento e para as salas 427, 422 e 420, comparados aos resultados do Cenário Base – 2016.

Fonte: Produzido pelo autor

Tal fato pode ser mais bem percebido a partir da classificação energética obtida para a envoltória neste cenário, onde percebe-se uma piora na ordem de 6% em relação ao cenário base – 2016 [21].

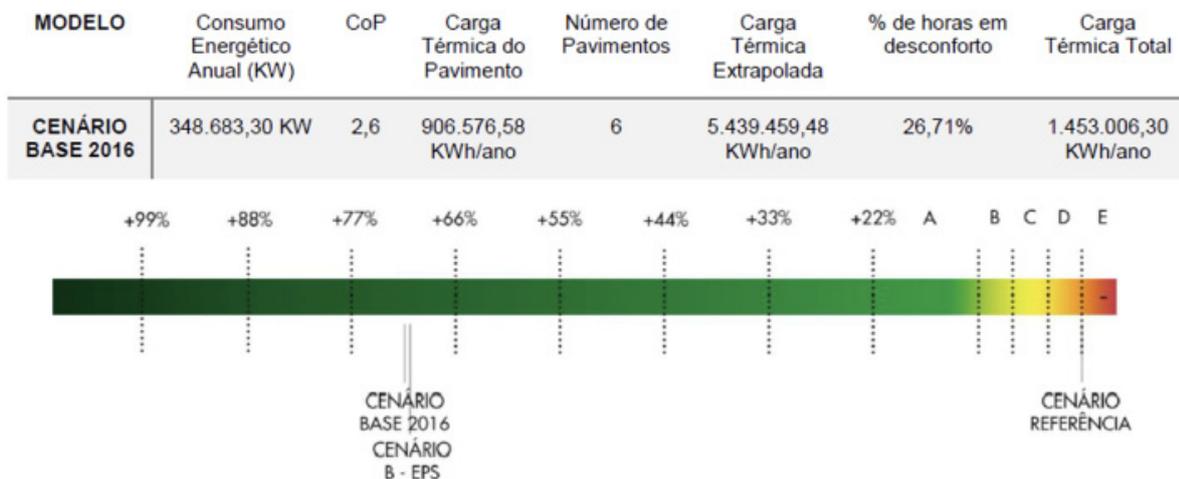


FIGURA 21 – Carga térmica total do Cenário B – EPS e escala gráfica comparativa de eficiência energética entre o cenário de referência, o cenário base – 2016 e o cenário B – EPS.

Fonte: Produzido pelo autor

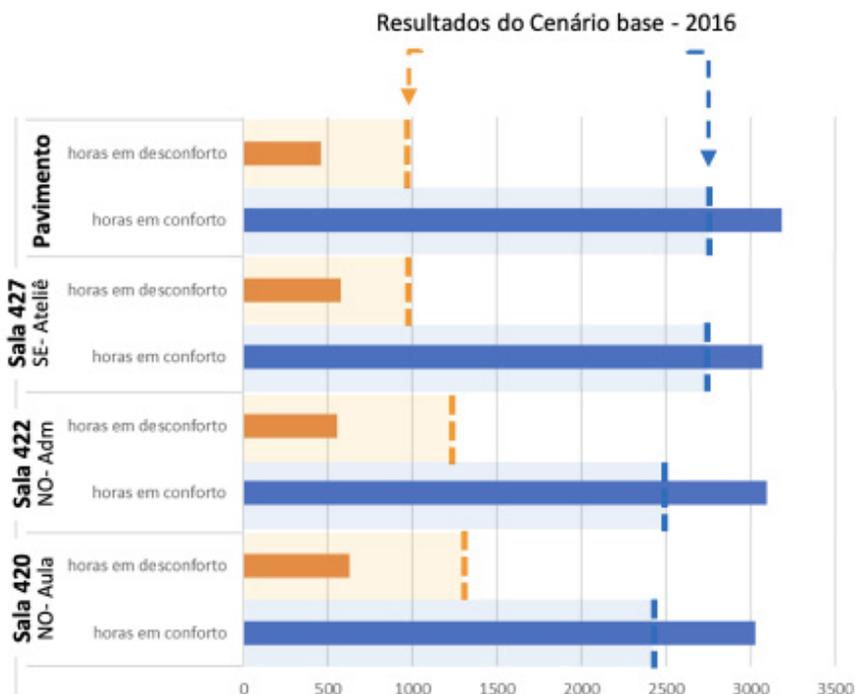
### Resultados do Cenário C – Vidros com baixa emissividade

A substituição dos vidros gerou os melhores resultados entre os demais cenários. A carga térmica adquirida pelos raios solares nas esquadrias reduziu drasticamente em relação ao Cenário base – 2016 [22].

Ao se comparar a sala 420 com a sala ao lado (422), nota-se a influência que a utilização de equipamentos traz ao cálculo de carga térmica. A alteração de seu uso (de administrativo para sala de aula), com o aumento sua ocupação e número de *notebooks*, fez com que fossem geradas mais 100 horas em desconforto, quando comparado ao período anual da sala ao lado.

FIGURA 22 – Horas em conforto e desconforto do Cenário C – Vidros com baixa emissividade, para o pavimento e para as salas 427, 422 e 420, comparados aos resultados do Cenário Base – 2016.

Fonte: Produzido pelo autor



Os melhores resultados do Cenário C são mais bem percebidos quando é apresentada a classificação energética para a envoltória. Apesar de continuar com a etiqueta A – iguais a todos os cenários anteriores – a melhora em relação ao cenário base – 2016 chega a 57% e 87,7% em relação ao cenário de referência [23][24].

MODELO	Consumo Energético Anual (KW)	CoP	Carga Térmica do Pavimento	Número de Pavimentos	Carga Térmica Extrapolada	% de horas em desconforto	Carga Térmica Total
<b>CENÁRIO BASE 2016</b>	290.139,00 KW	2,6	775.161,40 KWh/ano	6	4.650.960,40 KWh/ano	12,68%	500.697,92 KWh/ano

FIGURA 23 – Carga térmica total do Cenário C – Vidros com baixa emissividade

Fonte: Produzido pelo autor

FIGURA 24 – Carga térmica total do Cenário C – Vidros com baixa emissividade e escala gráfica comparativa de eficiência energética entre o cenário de referência, o cenário base – 2016

Fonte: Produzido pelo autor

De acordo com a INI-C, os valores obtidos nas proposições de simulação para a classificação energética da envoltória nos modelos estudados devem, idealmente, ser menores do que os obtidos na simulação do modelo de referência. Ao classificar a envoltória do modelo inicial, foi possível perceber que, já no cenário base – 2016, o edifício contaria com a classificação A para a envoltória, visto que quando comparado aos valores da edificação de referência (que possui classificação D), há uma melhora significativa. Nos demais cenários analisados, a adoção dos brises e a substituição dos vidros se mostraram como as melhores opções, mesmo que isoladamente. A partir dessa constatação, a pesquisa verificou como seriam os efeitos caso os dois cenários fossem adotados conjuntamente (criando um Cenário D), o que se configurou como os melhores resultados obtidos [25], acentuadamente na fachada noroeste.

MODELO	Consumo Energético Anual (KW)	CoP	Carga Térmica do Pavimento	Número de Pavimentos	Carga Térmica Extrapolada	% de horas em desconforto	Carga Térmica Total
<b>CENÁRIO BASE 2016</b>	290.139,00 KW	2,6	775.161,40 KWh/ano	6	4.650.960,40 KWh/ano	12,68%	500.697,92 KWh/ano

Resultados do Cenário base - 2016

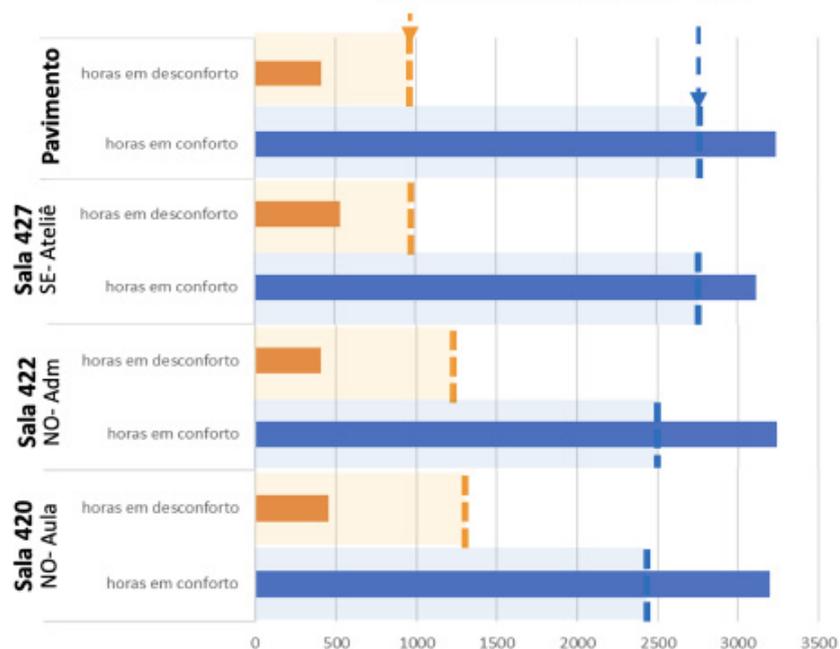


FIGURA 25 – Horas em conforto e desconforto da combinação dos cenários B e C (brises + vidros), para o pavimento e para as salas 427, 422 e 420, comparados aos resultados do Cenário Base – 2016.

Fonte: Produzido pelo autor

A partir desses resultados de análise, foi possível obter, também, a classificação dessa proposta conjugada. Conforme dito anteriormente, todas as melhorias continuam resultando em uma classificação com etiqueta A. A relação entre a proposta conjugada entre vidro + brise e o modelo de referência, que possui classificação D, é de uma melhoria de quase 89,37%. Com relação ao edifício estudado no cenário base – 2016, a proposta conjugada apresenta resultados superiores a 63% [26].

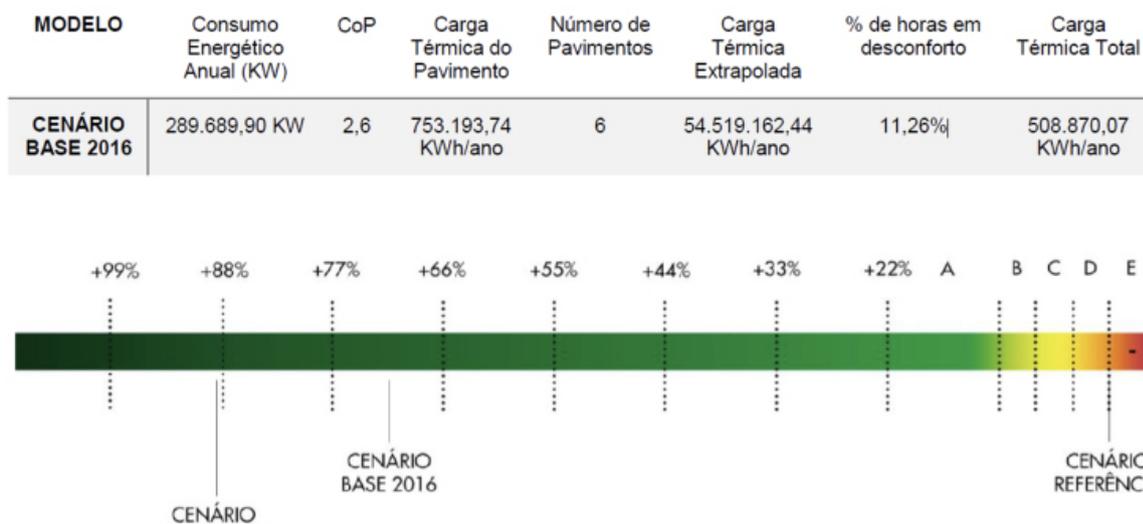


FIGURA 26 – Carga térmica total do Cenário D – Brise + Vidro e escala gráfica comparativa de eficiência energética entre o cenário de referência, o cenário base – 2016 e o cenário D Brise + Vidro.

Fonte: Produzido pelo autor

Cabe a lembrança de que os resultados aqui encontrados indicam uma diretriz de projeto, que idealmente combinaria a inserção de brises e a substituição dos vidros. São resultados que mostram ganho em conforto e eficiência energética, mas ainda em caráter potencial, a serem mais explorados nas demais áreas do JMM

## Considerações Finais

A combinação de preservação do patrimônio e intervenções visando a melhora de seu desempenho energético demanda soluções criteriosamente estudadas, para que os dois aspectos sejam contemplados. No caso do patrimônio moderno, mais uma dificuldade se apresenta, pela sua proximidade histórico-temporal, que leva à dificuldade do seu reconhecimento como patrimônio.

Conforme visto no presente estudo, preceitos da Arquitetura Moderna, como brise-soleils, janelas amplas e sombreadas, orientação adequada e ventilação cruzada, podem contribuir muito com o desempenho energético de tais edificações. A Arquitetura Moderna, analisada na metodologia atual de classificação da eficiência energética, se revela como um projeto arquitetônico de soluções refinadas que, infelizmente, caíram em desuso com o tempo, transferindo para os sistemas ativos a função de tornar o ambiente confortável.

No edifício JMM, a avaliação da sua envoltória no cenário base de 2016 já revelou um ótimo desempenho, que pôde ser melhorado incorporando-se outras estratégias e, em especial, combinando-se duas delas, a adoção dos brises previstos no projeto original e o uso de vidros com baixa emissividade. A boa junção de uma estratégia de décadas passadas e outra derivada de novas tecnologias evidencia que preservação e bom desempenho não são incompatíveis, podendo gerar bons resultados.

Por fim, a pesquisa mostrou que um bom investimento a longo prazo pode gerar não apenas a implantação de sistema de proteção solar ou de novos vidros, e consequentemente, o aumento das horas de conforto e a redução do uso de condicionadores de ar, como também no foco de metas ambientais na redução de consumo energético por instituições públicas federais. Redução de consumo implica em economia que resulta em investimento. O ciclo da sustentabilidade se mantém ativado e impulsionando novos estudos.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à CAPES pela bolsa de mestrado que contribuiu para o desenvolvimento da pesquisa.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial – Especificação. Rio de Janeiro: 2016.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE Standard 55-2010**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: 15 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2013. Disponível em: <[https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard\\_55-2013](https://ashrae.iwrapper.com/ViewOnline/Standard_55-2013)>. Acesso em 08/11/2019>. Acesso em 19 out.2021.

AUTOR (2022).

BARACHO, A. S. B. **Patrimônio sustentável: reflexões sobre as melhores práticas anglo-saxônicas aplicadas a edificações culturais**. Belo Horizonte: UFMG, 2013. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Escola de Arquitetura, UFMG, Belo Horizonte, 2013.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 25**, de 30 de novembro de 1937. Organiza a proteção do patrimônio histórico e artístico nacional. Brasília, 1937.

CORDEIRO, P. C. **A cidade universitária da Universidade Federal do Rio de Janeiro: preservação da arquitetura moderna**. Dissertação (Mestrado) - Mestrado em História e Fundamentos da Arquitetura e do Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.

DE DEAR, R.; BRAGER, G. S. Thermal Comfort in Naturally Ventilated Buildings: Revisions to ASHRAE Standard 55. **Energy and Buildings**, v. 34, 2002. p.549 - 564.

EFFICIENT WINDOWS COLLABORATIVE (EWC). **Understanding windows**. Disponível em: <<http://www.efficientwindows.org/index.php>>. Acesso em 21 jan. 2022.

ESTEVES, A. P. da C. **Modernização de edificações tombadas: o caso do edifício IRB**. Niterói: UFF, 2010. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal Fluminense. Niteroi,2010.

FONTENELLE, M. R. **A ventilação natural na reabilitação de edifícios de escritórios: desafios e potencialidades**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GUIMARÃES, M. C. F. B. **Patrimônio moderno e delito: duas casas de Affonso Eduardo Reidy**. Rio de Janeiro: UFRJ, 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.

GUIMARÃES, M. E. **Uma análise para retrofit da envoltória tombada visando a eficiência energética do Aeroporto Santos Dumont – Rio de Janeiro**. Brasília: UnB, 2017. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2017.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Instrução Normativa Inmetro para a Classificação de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas (INI-C)**. Brasília, 2021.

JARDIM, P. Edifício Jorge Machado Moreira e o Movimento Moderno em chamas. In: O Moderno no Rio: do risco ao risco. IV Seminário DOCOMOMO-Rio 2017. **Anais eletrônicos...**, Rio de Janeiro, 2017.

JOKILEHTO, J. Continuity and Change in Recent Heritage. In Oers, R.V., Haraguchi, S., (Eds.). **World Heritage papers, Identification and documentation of modern heritage**. Series no 5. Paris: UNESCO/ WHC, 2003

LIRA, F. B. Por uma Agenda de Discussões sobre a Conservação Da Arquitetura Moderna. In: ZANCHETTI, S.; AZEVEDO, G.; NEVES, C. (Orgs.). **A Conservação do Patrimônio no Brasil: Teoria e Prática**. 1º Seminário da Rede de Conservação\_BR. Olinda: CECI, 2015

MILONE, D.; PERI, G.; PITRUZZELLA, S.; RIZZO, G. Are the Best Available Technologies the only viable for energy interventions in historical buildings? **Energy and Buildings**, V.95, mai 2016.

NICOLETTI, A. M. A. **Eficiência energética em um ministério da Esplanada em Brasília: propostas para retrofit de envoltória**. Brasília: UnB, 2009. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, 2009.

PEREIRA, I. M.; ASSIS, E. S. Avaliação de modelos de índices adaptativos para uso no projeto arquitetônico bioclimático. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, V. 10, n. 1, p.31-51, 2010.

SÁ, P. **Arquitetura e conforto na cidade universitária**. Rio de Janeiro: INT, 1952.

TROI, A.; PFLUGER, R.; ORLANDI, M.. Integrated Application of Solutions. In: TROI, A.; BASTIAN, Z. (Eds). **Energy Efficiency Solutions for Historic Buildings: A Handbook**. Basel: Birkhauser, pp. 189-194, 2015

ZAZZINI, P.; CAPONE, M. Energy efficiency improvements in historic buildings: Analysis of a case study in central Italy. **Modelling, Measurement and Control B**. Vol. 87, No. 3, pp. 135-142, Set. 2018.

## RESPONSABILIDADE INDIVIDUAL E DIREITOS AUTORAIS

A responsabilidade da correção normativa e gramatical do texto é de inteira responsabilidade do autor. As opiniões pessoais emitidas pelos autores dos artigos são de sua exclusiva responsabilidade, tendo cabido aos pareceristas julgar o mérito das temáticas abordadas. Todos os artigos possuem imagens cujos direitos de publicidade e veiculação estão sob responsabilidade de gerência do autor, salvaguardado o direito de veiculação de imagens públicas com mais de 70 anos de divulgação, isentas de reivindicação de direitos de acordo com art. 44 da Lei do Direito Autoral/1998: “O prazo de proteção aos direitos patrimoniais sobre obras audiovisuais e fotográficas será de setenta anos, a contar de 1º de janeiro do ano subsequente ao de sua divulgação”.

O CADERNOS PROARQ (ISSN 2675-0392) é um periódico científico sem fins lucrativos que tem o objetivo de contribuir com a construção do conhecimento nas áreas de Arquitetura e Urbanismo e afins, constituindo-se uma fonte de pesquisa acadêmica. Por não serem vendidos e permanecerem disponíveis de forma *online* a todos os pesquisadores interessados, os artigos devem ser sempre referenciados adequadamente, de modo a não infringir com a Lei de Direitos Autorais.

**Submetido em 01/04/2023**

**Aprovado em 31/05/2023**