XVIII ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
XIV ENCONTRO LATINO-AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO
AMBIENTE CONSTRUÍDO E USUÁRIO: PERSPECTIVAS LATINO-AMERICANAS

O impacto dos *brise-soleils* na incidência solar e no consumo energético de uma edificação universitária

El impacto de los brise-soleil en la incidencia solar y el consumo energético de un edificio universitário

The impact of solar shading devices on solar incidence and energy consumption in a university building

Eficiência energética / *Eficiencia energética / Energy efficiency*

Brauwers, Lucas Pinzon
Acadêmico de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, lucaspbrauwers@gmail.com

Anzolch, Roni
Doutor em Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil, roni.anzolch@ufrgs.br

Com apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul – FAPERGS

Resumo

Este estudo de caso investiga o impacto dos *brises-soleils* no conforto térmico e na eficiência energética da Faculdade de Arquitetura da UFRGS. Utilizando simulações no *DesignBuilder* e *EnergyPlus*, analisou-se a redução da carga térmica e consequentemente do consumo energético por condicionamento ativo na edificação e em uma sala modelo. À primeira vista, os resultados mostram que a implementação dos *brises* reduz em até cerca de 15% o consumo energético na edificação, pela redução da necessidade de climatização artificial. Além disso, avaliou-se que em 24 anos há o retorno do investimento, que embora distante, destaca a importância de estratégias passivas para otimizar o desempenho térmico e promover a sustentabilidade em edificações universitárias.

Palavras-chave: Eficiência energética. Simulação computacional. *DesignBuilder*. *Retrofit*. Sustentabilidade.

Resumen

Este estudio de caso investiga el impacto de los brises-soleils en el confort térmico y la eficiencia energética de la Facultad de Arquitectura de la UFRGS. Utilizando simulaciones en DesignBuilder y EnergyPlus, se analizó la reducción de la carga térmica y, en consecuencia, del consumo energético por acondicionamiento activo en el edificio y en una sala modelo. A primera vista, los resultados muestran que la implementación de los brises reduce hasta aproximadamente un 15% el consumo eléctrico en el edificio, debido a la reducción de la necesidad de climatización artificial. Además, se evaluó que en 24 años se recupera la inversión, que, aunque distante, destaca la importancia de las estrategias pasivas para optimizar el desempeño térmico y promover la sostenibilidad en edificaciones universitarias.

Palabras clave: Eficiencia energética. Simulación computacional. DesignBuilder. Retrofit. Sostenibilidad.

Abstract

This case study investigates the impact of brises-soleils on thermal comfort and energy efficiency at the Faculty of Architecture of UFRGS. Using simulations in DesignBuilder and EnergyPlus, the reduction of thermal load and, consequently, energy consumption for active conditioning in the building and a model room was analyzed. At first glance, the results show that the implementation of brises reduces electricity consumption in the building by up to approximately 15%, due to the reduced need for artificial climate control. Additionally, it was estimated that the investment pays off in 24 years, which, although distant, highlights the importance of passive strategies to optimize thermal performance and promote sustainability in university buildings.

Keywords: Energy efficiency. Computational simulation. DesignBuilder. Retrofit. Sustainability.

1. Introdução

As edificações têm um impacto significativo no consumo energético global e nas emissões de gases de efeito estufa, sendo uma preocupação central desde a Conferência de Estocolmo em 1972, a primeira grande discussão internacional sobre o meio ambiente (ONU, 1972). Segundo a Agência Internacional de Energia (IEA, 2020), as operações de edifícios representam 30% do consumo energético final mundial, com 45,3 Exajoules apenas em energia elétrica, e a demanda pode mais que dobrar até 2050. No Brasil, as edificações consomem 51,8% da energia total do país, dividida entre os setores residencial (27,5%), comercial (16,8%) e público (7,4%) (EPE, 2024), reforçando a urgência de buscar soluções em eficiência energética.

Em particular, campi universitários se destacam como segmentos com desafios únicos devido à infraestrutura complexa, diversidade de edifícios e variações de uso. Estudos, como o de Litardo et al. (2021), indicam um alto consumo de energia nesses espaços, exigindo soluções que conciliam desempenho energético com o conforto dos usuários. Para enfrentar esse desafio, instituições de ensino têm investido em programas sustentáveis que incluem a adoção de iluminação eficiente, fontes renováveis de energia e melhorias no isolamento térmico, conforme aponta Bayoumi (2020). Essas ações são essenciais, uma vez que universidades têm o papel de protagonizar práticas sustentáveis e promover a conscientização ambiental.

A busca pela eficiência energética está ligada ao conforto ambiental, englobando o desempenho térmico, luminoso, acústico e de qualidade do ar. Estratégias passivas, como sombreamento, ventilação e iluminação natural, podem reduzir o consumo energético sem comprometer o conforto e a produtividade. Além de minimizar o estresse térmico e atender normas trabalhistas, a morfologia, envoltória e implantação dos edifícios são fundamentais, especialmente em projetos de retrofit. Ken Yeang, referência na arquitetura bioclimática, enfatiza que “a sombra é uma das ferramentas mais poderosas para reduzir a carga térmica e melhorar o conforto ambiental”. Nesse sentido, *brises* e sistemas de sombreamento são elementos fundamentais para otimizar o desempenho térmico, diminuir a dependência de climatização artificial e promover ambientes internos mais confortáveis e sustentáveis.

Este estudo tem origem em uma pesquisa realizada por um graduando, sob a orientação de um professor doutor em arquitetura, no contexto de uma iniciação científica. O objetivo é analisar o impacto da instalação de *brises* no consumo energético de uma edificação de relevância histórica: o prédio da Faculdade de Arquitetura da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A pesquisa considera a influência dos *brises* na eficiência energética e no conforto térmico dos ambientes, aspectos essenciais para a formação dos futuros arquitetos. Assim, avalia-se a redução do consumo de energia e o aumento das horas de conforto térmico em comparação ao uso exclusivo do sistema de resfriamento ativo. Além disso, o estudo segue as diretrizes para edificações públicas federais, que exigem a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) nível "A", conforme estabelecido pelo RTQ-C (Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas) (BRASIL, 2014).

2. Método

O método utilizado para esse estudo de caso baseia-se na modelagem do objeto de estudo e seu entorno imediato, no programa *DesignBuilder*, interface com o simulador referência *EnergyPlus*; o dimensionamento de carga térmica, verificação das horas de desconforto e cálculo da temperatura operativa, modelagem dos dispositivos de sombreamento e simular novamente com a intervenção, e fazer um comparativo de situações.

2.1. Objeto de estudo

A edificação estudada é a Faculdade de Arquitetura (FA) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), localizada na zona central e histórica da capital gaúcha, Porto Alegre, zona bioclimática 3. A construção modernista inaugurada em 1958 traz algumas peculiaridades, como as janelas em guilhotina invertidas, as colunas ordenadas, o segundo pavimento recuado. Mas também carrega uma série de reclamações sobre sua habitabilidade, principalmente na fachada nordeste onde encontram-se os ateliês, acusticamente, por estar situada ao lado de uma avenida importante, e termicamente, por sua orientação e falta de proteção, sendo a 15º de norte para nordeste, que em conjunto com a latitude 30º, incide ainda mais sol durante a manhã.

Figura 1: Fachada Nordeste da Faculdade de Arquitetura da UFRGS, anos '60.



Fonte: UFRGS, Acervo Fotográfico do Setor de Patrimônio Histórico. Disponível em: http://hdl.handle.net/10183/30010. Acesso em: 21 nov. 2024.

2.2. Definição do Escopo e Objetivos

Esta pesquisa tem o objetivo de verificar a quantidade de horas de conforto que a implantação de um sistema de *brises-soleils* consegue gerar em uma sala de aula modelo que indica maior índice de desconforto, assim como em toda a edificação, e a economia em energia em contraste com apenas utilizar o sistema de resfriamento ativo. Além disso, um objetivo secundário visa descobrir em quanto tempo a incorporação desse sistema é paga por meio da economia de energia gerada pela diminuição da carga térmica no ambiente.

2.3. Coleta e Preparação de Dados

Os dados necessários para a simulação foram coletados, incluindo o arquivo climático no formato EPW de Porto Alegre (INMET, 2018); a geometria do edifício, por plantas baixas, cortes e elevações, além de medidas em loco e comparação com outros modelos para modelagem tridimensional; e as características construtivas, os tipos de materiais, camadas de fechamento, e transmitâncias térmicas.

2.4. Execução da Simulação

A simulação foi conduzida utilizando o motor *EnergyPlus*, integrado ao *DesignBuilder*. Foram realizadas simulações para o cenário base, com as condições originais do projeto, sem alterações nos parâmetros, e o cenário alternativo, com a adição da estratégia do sombreamento.

2.5. Análise dos Resultados

Os resultados foram analisados com base em indicadores-chave, incluindo o consumo total de energia (kWh) e o ambiente térmico (% do tempo no intervalo em desconforto). Os cenários foram comparados para identificar as estratégias mais eficientes e economicamente viáveis.

2.6. Caracterização do Método

Inicialmente, conforme especificado pela NBR 16401-1 (ABNT, 2008), é imprescindível realizar o cálculo da carga térmica por meio de software específico. Para tanto, foi modelada a edificação em sua configuração atual, além de um cenário alternativo para análise, utilizando o software *DesignBuilder* (v7.3.0.040), ferramenta que avalia energeticamente as variáveis de uma construção. Vale ressaltar que, por se tratar de um estudo de simulação, algumas particularidades construtivas foram padronizadas a fim de simplificar o modelo.

No primeiro cenário (Figura 2a), foi replicado o edifício tal como está, sem nenhum tipo de proteção solar nas fachadas. No segundo cenário (Figura 2b), adotou-se uma versão do modelo anterior, porém com a inclusão de *brises* nas faces Nordeste e Noroeste, os quais foram dimensionados com base na carta solar do aplicativo Sol-Ar, desenvolvido pelo LabEEE-UFSC. O *brise* da fachada Nordeste, dimensionado horizontalmente com 450mm, espaçados a cada 82cm, em formato e material reflexivo tal como uma prateleira de luz, a fim de não comprometer a iluminação incidente nos ateliês, considerada ideal conforme estudos anteriores (ANZOLCH e CORRÊA, 2021). Os da fachada Noroeste são verticais, 350mm, inclinados a 50° em relação ao plano da parede, bloqueando a insolação do verão, todavia permitindo a incidência no inverno.

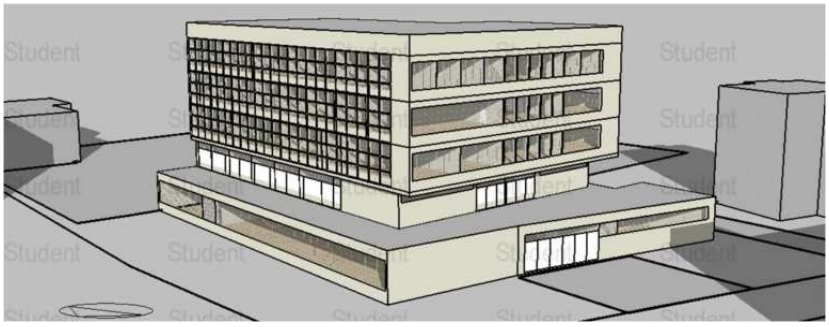
Junto a esses dois cenários, o modelo considerou o sistema de ar-condicionado atual, composto por splits com CEE médio de 3,4 (selo A), recomendado conforme a INI-C do Inmetro para edifícios públicos. Também buscou-se trazer ao modelo a materialidade do edifício e seus perfis de uso,

dividindo as zonas térmicas em salas de aula, laboratórios, áreas administrativas, de lazer, corredores, sanitários e áreas de serviço. O período analisado foi o semestre 2023/02 (outubro de 2023 a fevereiro de 2024), com funcionamento das 7h às 21h, para capturar dados mais precisos durante a ocupação no verão.

A carga térmica necessária para o conforto foi calculada pelo software, e o custo energético do ar-condicionado no período foi analisado. Como a faculdade não possui medidor individual, a avaliação baseou-se na comparação dos dados simulados, considerando os custos da implantação dos *brises* e a eficiência do consumo do ar-condicionado.

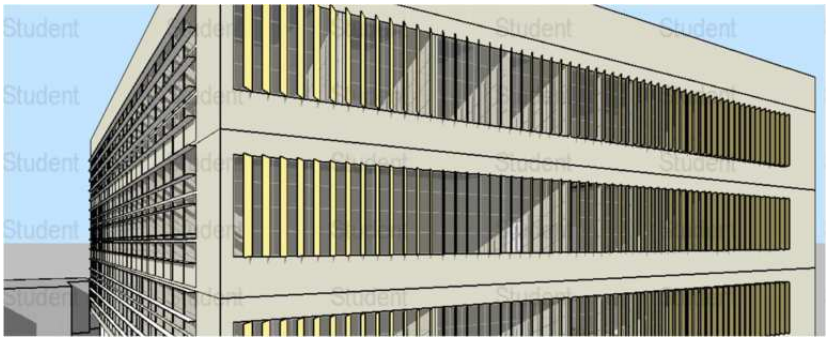
Após a completa modelagem da Faculdade de Arquitetura e simulações, foi especificado uma sala de aula como objeto de estudo, nesse caso a sala 401, de 68,88 m², por apresentar características importantes para a discussão - por ser um atelier, como as demais salas da fachada nordeste; ser de canto, com a outra face para noroeste, onde também foram estudados *brises*; por não ter grande influência da cobertura, como as salas do 5° pavimento; e nem do 3°, onde há uma grande carga térmica pelos computadores instalados nas salas de esquina. Apesar de especificar apenas uma sala, foi necessário incluir também parâmetros únicos para as demais salas no software, pois no cálculo existe a interferência de uma zona para com a outra.

Figura 2a: Modelo do prédio no *DesignBuilder* na configuração atual.



Fonte: Autor (2025)

Figura 2b: Recorte do modelo do prédio no *DesignBuilder* após inserção dos *brises*.



Fonte: Autor (2025)

Resultados

Inicialmente, destacamos a questão das horas de conforto simuladas, cuja manifestação empírica do usuário médio do edifício já revela descontentamento. Como um dos pontos iniciais deste estudo, o programa também realizou a simulação das horas de desconforto, nos mostrando que essa experiência é numericamente válida (tabela 1). Na situação atual e sem o uso dos ar-condicionados instalados, as horas de desconforto durante o semestre, segundo parâmetros ASHRAE, é de uma média de 9,14 horas por dia, com contribuição especial em salas da cobertura e da fachada nordeste. Com o sistema de condicionamento individual split acionado, reduzimos para 3,52 horas, embora o alto consumo energético. Introduzindo os *brises*, obtemos 8,29h e 2,47h, sem e com condicionamento ativo, respectivamente. Em suma, um problema encontrado característico da região e que os *brises* não auxiliam é a umidade relativa, que costuma estar acima de 60% - fator que pode ser corrigido com demais técnicas passivas, como o efeito Venturi, a serem discutidos em uma continuação deste estudo. Todavia, essa introdução à análise já nos dá uma validade à utilização dos *brises* e ao objetivo deste estudo.

Tabela 1: Horas de desconforto

Configuração	Horas de desconforto	Outubro de 2023	Novembro de 2023	Dezembro de 2023	Janeiro de 2024	Fevereiro de 2024	Total no semestre	Média diária por sala
Sem brises e	Desconforto total (64 salas)	16555,94	16383,01	18532,26	19401,72	16866,56	87739,49	9,14
sem climatização	Desconforto nos 17 ateliers NE	4799,78	4739,71	5192,69	5366,32	4594,04	24692,54	9,68
	Desconforto na sala 401	284,34	277,63	309,57	320,96	276,12	1468,62	9,79
Sem brises e	Desconforto total (64 salas)	4396,16	4421,76	8391,68	9360,64	7223,04	33793,28	3,52
com climatização	Desconforto nos 17 ateliers NE	2056,46	1788,10	2420,16	2461,71	1978,42	10704,85	4,20
	Desconforto na sala 401	119,78	99,3	136,48	143,63	122,26	621,45	4,14
Com brises e	Desconforto total (64 salas)	14819,07	14689,28	16931,83	17730,24	15417,60	79588,02	8,29
sem climatização	Desconforto nos 17 ateliers NE	4039,81	3653,9	3703,23	3814,72	3514,24	18725,90	7,34
	Desconforto na sala 401	249,4	226,7	229,6	236,16	206,72	1148,58	7,66
Com brises e	Desconforto total (64 salas)	3169,28	3139,55	5869,01	6507,84	5031,32	23717,00	2,47
com climatização	Desconforto nos 17 ateliers NE	708,07	653,99	928,32	983,72	812,11	4086,21	1,60
	Desconforto na sala 401	40,71	38,47	56,96	63,16	48,83	248,13	1,65

Fonte: Autor (2025)

3.1. Investigação

O prédio da faculdade conta com aproximadamente 5800 m² de área interna. Destes, cerca de 2090 m² são corredores e área dos elevadores, 168,5 m² de banheiros e áreas de serviços, e 3541,5 m² de salas com sistema de resfriamento ativo instalado. Esses 61,06% de área com splits e o sistema de ar central da biblioteca podem gerar um consumo de cerca de 323,47 kwh, com o uso recomendado pelo *DesignBuilder* para manter a temperatura próxima de 24°C e desumidificar para atingir os padrões de conforto *ASHRAE*. Em uma análise rasa, essa carga térmica para as 64 salas condicionadas geraria um consumo de R$60.842,15 ao mês, com a tarifa sendo R$0,64305/kWh (BRASIL, 2023), adicionado com o ICMS de 17% (RIO GRANDE DO SUL, 2025). Todavia, esses valores referem-se a um horário diário de maior necessidade, o que não ocorre na realidade. Para entender melhor, tabulamos os resultados obtidos e calculamos o gasto por mês do semestre (tabela 2).

Tabela 2: Comparação do consumo de energia elétrica em toda a edificação

		Edifício sem brises		Edifício com brises			
Mês	Valor kwh + ICMS	Consumo (kwh)	Custo total	Consumo (kwh)	Custo total	Redução %	Redução R$
Outubro de 2023	R$ *0,7670052	38130,25	R$ 29.246,10	33119,27	R$ 25.402,65	13,14%	R$ 3.843,44
Novembro de 2023	R$ 0,7523685	34480,09	R$ 25.941,74	29848,00	R$ 22.456,70	13,43%	R$ 3.485,04
Dezembro de 2023	R$ 0,7523685	54627,20	R$ 41.099,78	46691,51	R$ 35.129,22	14,53%	R$ 5.970,56
Janeiro de 2024	R$ 0,7523685	58622,47	R$ 44.105,70	50132,20	R$ 37.717,89	14,48%	R$ 6.387,81
Fevereiro de 2024	R$ 0,7523685	50651,74	R$ 38.108,77	43279,09	R$ 32.561,82	14,56%	R$ 5.546,95

* valor distinto, segundo a R.H. nº 3.138, 16 nov 2022 (BRASIL, 2022)

Fonte: Autor (2025)

Nessa primeira comparação dos valores extraídos no programa sobre o consumo energético, já é notável uma redução significativa no custo final mensal do consumo energético em cerca de 14% para esse período. Ela se deve pela redução na incidência solar na edificação, mais especificamente nas janelas de vidro simples que representam quase toda a fachada Nordeste, e por fim, nos ganhos térmicos, reduzindo a necessidade da operação constante do condicionamento ativo presente. Logo, para notarmos melhor o real efeito dos *brises*, analisamos a sala 401 (tabela 3), já caracterizada anteriormente, e que se beneficia dos *brises* tanto da fachada Nordeste quanto Noroeste, e conjuntamente, apresenta números mais atrativos.

Tabela 3: Comparação do consumo de energia elétrica em sala modelo

		Sala 401 sem brises		Sala 401 com brises			
Mês	Valor kwh + ICMS	Consumo (kwh)	Custo total	Consumo (kwh)	Custo total	Redução %	Redução R$
Outubro de 2023	R$ *0,7670052	1744,463941	R$ 1.338,01	1399,67	R$ 1.073,56	19,76%	R$ 264,46
Novembro de 2023	R$ 0,7523685	1563,483324	R$ 1.176,32	1229,31	R$ 924,89	21,37%	R$ 251,42
Dezembro de 2023	R$ 0,7523685	2288,796294	R$ 1.722,02	1742,63	R$ 1.311,10	23,86%	R$ 410,92
Janeiro de 2024	R$ 0,7523685	2345,767912	R$ 1.764,88	1781,92	R$ 1.340,66	24,04%	R$ 424,22
Fevereiro de 2024	R$ 0,7523685	1958,136265	R$ 1.473,24	1479,51	R$ 1.113,14	24,44%	R$ 360,10

Fonte: Autor (2025)

Com os resultados apresentados, resta determinar em quanto tempo o *brise* se pagaria pela economia gerada. O orçamento obtido, considerando material e mão de obra, foi de R$800,00/m², totalizando R$570.160,00 para os 712,7m² necessários. Assim, foram feitas simulações para notar o quanto por mês geraria de economia para o sistema de *brises* se compensar (tabela 4). Para fins de simplificação e com a preocupação de coincidir com o calendário acadêmico da UFRGS, que foi afetado pela crise climática que ocorreu no Estado em Maio de 2024, mas regularizou-se no 2025/01, adotou-se o que o *brise* seria instalado em Janeiro de 2025, e o calendário regularizado a partir de então.

Em primeira análise, a tabela 4 revela que o período letivo se concentra nas estações que têm menor consumo energético por climatização, embora março e os últimos três meses do ano, logo, amenizando a economia obtida na instalação dos *brises*. Todavia, o estudo continua válido pelo norteamento de reduzir o consumo energético, que ainda se cumpre. Com o ajuste anual em 4,82% no consumo energético, o investimento daria retorno após 24 anos, mais especificamente em março de 2048. Em suma, não é imediato, todavia compensatório em longo prazo.

Tabela 4: Cálculo anual para a economia pela utilização dos *brises* em um ano letivo padrão

			Edifício sem brises		Edifício com brises			
	Mês	Valor kwh + ICM	Consumo (kwh)	Custo total	Consumo (kwh)	Custo total	Redução %	Redução R$
Recesso	Janeiro de 2025	**0,7886268	58622,47	R$ 46.231,25	49732,2	R$ 39.220,15	15,17%	R$ 7.011,11
	Fevereiro de 2025	**0,7886268	49891,96	R$ 39.346,14	42985,23	R$ 33.899,30	13,84%	R$ 5.446,83
2025/01	Março de 2025	**0,7886268	40991,33	R$ 32.326,86	36902,45	R$ 29.102,26	9,97%	R$ 3.224,60
	Abril de 2025	**0,7886268	23841,64	R$ 18.802,16	22710,88	R$ 17.910,41	4,74%	R$ 891,75
	Maio de 2025	**0,7886268	5196,74	R$ 4.098,29	5075,91	R$ 4.003,00	2,33%	R$ 95,29
	Junho de 2025	**0,7886268	1967,64	R$ 1.551,73	1940,33	R$ 1.530,20	1,39%	R$ 21,54
15 dias recesso	Julho de 2025	**0,7886268	1122,21	R$ 885,00	1105,64	R$ 871,94	1,48%	R$ 13,07
2025/02	Agosto de 2025	**0,7886268	1281,49	R$ 1.010,62	1270,83	R$ 1.002,21	0,83%	R$ 8,41
	Setembro de 2025	**0,7886268	2662,53	R$ 2.099,74	2430,44	R$ 1.916,71	8,72%	R$ 183,03
	Outubro de 2025	**0,8266386	37558,30	R$ 31.046,76	33400,48	R$ 27.609,79	11,07%	R$ 3.436,97
	Novembro de 2025	**0,8266386	33962,89	R$ 28.074,70	29700,28	R$ 24.551,10	12,55%	R$ 3.523,60
	Dezembro de 2025	**0,8266386	53807,79	R$ 44.479,06	47000,14	R$ 38.851,66	12,65%	R$ 5.627,40
Ano	Total para o período		202.392,56	R$ 164.374,92	181.537,38	R$ 147.349,28	10,36%	R$ 17.025,65
Recesso	Janeiro de 2026	**0,8266386	57723,13	R$ 47.715,59	49800,22	R$ 41.166,29	13,73%	R$ 6.549,30
	Fevereiro de 2026	**0,8266386	49891,96	R$ 41.242,12	43000,9	R$ 35.545,77	13,81%	R$ 5.696,35
	Março de 2026	**0,8266386	40991,33	R$ 33.884,61	36500,33	R$ 30.172,22	10,96%	R$ 3.761,84
	...							

**ajuste anual estipulado em 4,82%

Fonte: Autor (2025)

4. Conclusão

A instalação dos *brises* em um prédio que abriga um curso de arquitetura não apenas reduz o consumo energético, mas também serve como objeto de estudo para soluções de conforto térmico que minimizam o uso de sistemas ativos, mais onerosos a longo prazo. Do ponto de vista econômico, o investimento em *brises* não é imediato, uma vez que seu *payback* ocorre em 24 anos, mas pode ser justificado pela potencial redução no consumo de energia, especialmente em um contexto de escassez de recursos naturais para a geração, como recursos federais destinados à educação, além de justificar margem para futuros estudos envolvendo essa estratégia.

Em síntese, o estudo mostrou que investimentos bem planejados em eficiência energética, como a instalação de *brises*, não apenas reduzem custos operacionais, mas também melhoram a qualidade dos ambientes educacionais, alinhando-se a metas ambientais e promovendo a sustentabilidade. Essa abordagem cria um ciclo virtuoso, onde a pesquisa alia-se à economia gerada, permitindo novos investimentos, fortalecendo a instituição e beneficiando a comunidade acadêmica.

Referências

ANZOLCH, Roni; CORRÊA, Silvia Regina Morel. **Avaliação da iluminação natural em prédios públicos: o caso da Faculdade de Arquitetura da UFRGS**. In: CONGRESSO ARQUISUR, 24., 2021, San Miguel de Tucumán. Universidad y Sociedad en la pospandemia: libro de ponencias y workshops. San Miguel de Tucumán: Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Arquitetura, 2022. p. 1463-1473.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – **ABNT. NBR 16401-1: Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários – Parte 1: Projetos das instalações**. Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

BAYOUMI, M. **Potential of integrating power generation with solar thermal cooling to improve the energy efficiency in a university campus in Saudi Arabia.** Energy & Environment, v. 31, 130–154, 2020. DOI: doi.org/10.1177/0958305X187872

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas – RTQ-C**. Brasília: MME, 2014.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória nº 3.138, de 16 de novembro de 2022**. **Homologa o reajuste tarifário e as tarifas da concessionária CEEE-D.** Disponível em: https://www2.aneel.gov.br/cedoc/reh20223138ti.pdf. Acesso em: 5 fev. 2025.

BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. **Resolução Homologatória nº 3.283, de 14 de novembro de 2023**. **Aprova as tarifas da concessionária CEEE Equatorial.** Disponível em: https://ceee.equatorialenergia.com.br/ceee/CEEEEQTLS_TabeladeTarifas.pdf. Acesso em: 5 fev. 2025.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. ***Balanço Energético Nacional 2024***. Rio de Janeiro: EPE, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2024. Acesso em: 16 fev. 2025.

YEANG, Ken; HYDE, Richard; GROENHOUT, Nathan; BARRAM, Francis. **Sustainable Retrofitting of Commercial Buildings: Warm Climates**. 1. ed. London: Routledge, 2012.

IEA – AGÊNCIA INTERNACIONAL DE ENERGIA. **Relatório sobre consumo energético global em edificações**. Paris: IEA, 2020. Disponível em: https://www.iea.org/energy-system/buildings. Acesso em: 16 fev. 2025.

INMET – INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. ***Arquivos climáticos INMET 2018: correções no cálculo da nebulosidade*.** Brasília: INMET, 2018. Disponível em: http://climate.onebuilding.org/. Acesso em: 16 nov. 2024.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia. INMETRO – 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).** Florianópolis: CB3E, dezembro de 2020. Florianópolis: CB3E, dezembro de 2020.

FOLHA DE S.PAULO. **Ranking Universitário Folha 2024: Arquitetura e Urbanismo.** Disponível em: https://ruf.folha.uol.com.br/2024/ranking-de-cursos/arquitetura-e-urbanismo/. Acesso em: 21 nov. 2024.

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - **Software Analysis SOL-AR v.6.2**. UFSC. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-sol-ar. Acesso em 16 fev. 2025.

LITARDO et al. **Energy Saving Strategies and On-Site Power Generation in a University Building from a Tropical Climate.** Applied Sciences, v. 11, 542, 2021. DOI: doi.org/10.3390/app11020542

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Declaração da Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano**. Estocolmo, 1972. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/33/2016/09/Declaracao-de-Estocolmo-5-16-de-junho-de-1972-Declaracao-da-Conferencia-da-ONU-no-Ambiente-Humano.pdf Acesso em: 14 fev. 2025

PBE – PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM. **Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE)**. Brasília: INMETRO, 2021. Disponível em: https://www.pbeedifica.com.br/conhecendo-pbe-edifica. Acesso em: 16 fev. 2025.

RIO GRANDE DO SUL. Secretaria da Fazenda. **Regulamento do ICMS do Estado do Rio Grande do Sul**. Art. 19, §1º. Disponível em: https://www.sef.rs.gov.br. Acesso em: 14 fev. 2025