



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ILUMINAÇÃO NATURAL: CRITÉRIOS PARA INTERVENÇÃO EM EDIFÍCIOS MODERNOS NÃO RESIDENCIAIS DO PLANO PILOTO DE BRASÍLIA

Cláudia Naves David Amorim (1); José Manoel Morales Sánchez (2); Joara Cronemberger (3); João Francisco Walter Costa (4); Elcio Gomes da Silva (5)

- (1) Profa. Doutora, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro Brasília, DF, 70904-970, Tel.: (61) 33072995
clamorim@unb.br
- (2) Prof. Doutor, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro Brasília, DF, 70904-970, Tel.: (61) 33072995
sanchez@unb.br
- (3)) Profa. Doutora, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro Brasília, DF, 70904-970, Tel.: (61) 33072995
joara.cronemberger@gmail.com
- (4) Mestre, Doutorando do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília
Campus Universitário Darcy Ribeiro Brasília, DF, 70904-970, Tel.: (61) 33072995
Jwcosta@gmail.com
- (5) Doutor em Arquitetura e Urbanismo, Arquiteto da Câmara dos Deputados, Brasília
Elcio.arquiteto@gmail.com

RESUMO

Este artigo expõe os resultados até agora alcançados por pesquisa em andamento sobre iluminação natural e eficiência energética em edifícios não residenciais modernos em Brasília, com foco na otimização da eficiência energética e qualidade ambiental e de sua influência na preservação do patrimônio moderno. Seu objetivo primordial é contribuir para a melhoria da sustentabilidade ambiental e da conservação do patrimônio arquitetônico, através de indicações de intervenções para maior qualidade da iluminação natural e eficiência energética de edifícios não residenciais modernos no Plano Piloto de Brasília. A metodologia proposta combina métodos diversos, envolvendo levantamentos in loco e avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos, combinando simulações computacionais de iluminação natural e consumo energético das diversas condições e combinações de variáveis arquitetônicas. A partir do levantamento detalhado de consumo de energia e características morfológicas de 240 edifícios de escritórios na zona central de Brasília, um primeiro estudo baseado em simulações energéticas demonstrou que, para edifícios de 4 pavimentos, a otimização das variáveis de percentual de aberturas na fachada, características óticas de vidros e a adição de proteções solares poderia diminuir a demanda de energia entre 20% e 46%, sendo factível a hipótese de alcançar o balanço energético nulo. Está em desenvolvimento um modelo de parâmetros analíticos que permitem a utilização de critérios norteadores para as intervenções em edifícios com valor histórico para o patrimônio moderno, considerando os aspectos Significância, Integridade e Autenticidade.

Palavras-chave: iluminação natural, eficiência energética, simulação computacional, patrimônio moderno.

ABSTRACT

This article presents the results obtained so far by ongoing research on daylight and energy efficiency in modern non - residential buildings in Brasília, focusing on optimizing energy efficiency and environmental quality and its influence on the preservation of modern patrimony. Its main objective is to contribute to the improvement of environmental sustainability and the preservation of architectural heritage, through interventions to improve the quality of daylight and energy efficiency of modern non-residential buildings in the Pilot Plan of Brasília. The proposed methodology combines several methods, involving the evaluation of quantitative and qualitative aspects, combining computational simulations in the evaluation of daylighting and energy consumption generated by the various conditions and combinations of architectural variables of

the building. From a detailed survey of energy consumption and morphological characteristics of 240 office buildings in the central zone of Brasília, a first study based on energy simulations showed that, for 4-storey buildings, the optimization of the glass optics and the addition of sun protection could reduce the energy demand between 20% and 46%, and it is possible to achieve a zero energy balance. A model of analytical parameters is being developed that allows the use of guiding criteria for interventions in buildings with historical value for modern heritage, considering the Significance, Integrity and Authenticity aspects. Keywords: daylighting, energy efficiency, computational simulation, modern heritage.

1. INTRODUÇÃO

A sustentabilidade ambiental, hoje, é discussão de extrema importância e tem levado a mudanças significativas em todos os âmbitos no contexto mundial. Vários autores, nesta ótica, propõem prioridades para alcançar a sustentabilidade, dentre as quais a eficiência energética, juntamente com a qualidade ambiental: projetar e construir edifícios energeticamente eficientes; construir edifícios “saudáveis” – conforto Ambiental e segurança: dar prioridade a isto pode significar, por exemplo, introduzir luz e ventilação naturais onde for possível; maximizar a longevidade dos edifícios: projetar visando a durabilidade e a adaptabilidade funcional dos edifícios (AMORIM, 2017)

Os edifícios existentes normalmente possuem uma grande quantidade de recursos culturais e materiais, e contribuem para dar um senso de identidade aos lugares. Nesta lógica, otimizar a eficiência energética deve ser uma meta quando se reforma um edifício, no conceito de retrofit.

A temática da eficiência energética de edificações é fundamental para a melhoria da qualidade do parque construído e tem merecido especial atenção nos diversos âmbitos e setores da cadeia construtiva da indústria da construção, com impactos importantes nos setores público e privado. Em diversos países, incluindo o Brasil, estratégias têm sido planejadas para obtenção de maior eficiência energética, através de legislações, incentivos e outros. Por exemplo, na União Europeia, em 2010, foi exigido que os seus estados membros construam até o final de 2020, o edifício com padrão “nearly or net zero energy building” [Edifício de balanço energético nulo ou próximo de nulo] para todas edificações novas. Já nos EUA, há o objetivo da introdução desse padrão em edificações residenciais e não-residenciais até 2020 e 2025. Neste contexto, a iluminação representa forte componente também ligado à qualidade, conforto dos ambientes e saúde dos usuários, especialmente em edifícios de escritórios, além de consumir aproximadamente 19% (2900 TWH) da energia elétrica no mundo (IEA, 2014).

No Brasil, as edificações são responsáveis por 42,8% do consumo de energia elétrica (BEN, 2018). Em edifícios comerciais e públicos com e sem sistemas de condicionamento de ar, 64% do consumo de energia elétrica deve-se aos usos finais de iluminação e de condicionamento, chegando a 86% em bancos e escritórios. Edifícios públicos e comerciais, no Brasil, demandaram 21,3% da produção brasileira de energia elétrica em 2018. Em uma cidade planejada, como Brasília, entender as características dos códigos urbanos e da legislação pode ser o primeiro passo para melhorias e otimização da forma arquitetônica e da envoltória do edifício, especialmente em edifícios não residenciais.

Em edifícios existentes, intervenções de retrofit ou reabilitação podem melhorar as condições de conforto para os usuários e o desempenho energético. Os retrofits podem ser definidos como “intervenções nas edificações que alteram os sistemas de iluminação, condicionamento de ar e/ou a envoltória, por meio da remodelação ou atualização do edifício ou dos sistemas, através da incorporação de novas tecnologias e conceitos.” (MPOG/SLTI, 2014). Como resultado, uma melhoria significativa das condições ambientais e economias energéticas podem ser estimadas. Além disso, um retrofit pode ser a oportunidade de também produzir energia na própria edificação, através, por exemplo, de painéis fotovoltaicos, buscando desta maneira não só a eficiência energética, mas aproximar-se da meta de balanço energético nulo.

A arquitetura atua como um filtro determinante da quantidade e qualidade da luz natural (BAKER, 1998, FONTOYONONT, 1999). Portanto, um dos principais aspectos a ser considerado ao se manipular a iluminação natural em edifícios são as variáveis relacionadas à arquitetura: geometria dos ambientes (largura, altura e profundidade), dimensões, forma e localização de aberturas laterais e zenitais, proteções solares, refletâncias internas, etc, além de considerar o contexto climático local, orientação do edifício, entorno, etc (AMORIM, 2007). Alguns trabalhos (BAKER, 1998; DIDONÉ, 2009; SILVA, 2007; CINTRA, 2011) têm iniciado a sistematizar a influência destas variáveis no desempenho da iluminação natural. A manipulação destas variáveis irá influenciar na qualidade da iluminação natural nos ambientes internos de edifícios e a eficiência energética dos mesmos.

Com relação a isto, de fato, na arquitetura moderna o uso do vidro foi potencializado enormemente. Em 1951 a arquiteta Lina Bo Bardi e o crítico de arte Pietro Maria Bardi inauguravam a sua "Casa de Vidro"

no bairro do Morumbi, em São Paulo. Nesta casa, nos edifícios de Brasília e nos muitos outros que vieram depois, o vidro ultrapassa os vãos das janelas para compor as próprias paredes. Com Brasília, houve a afirmação plena do movimento modernista (ACAYABA & FICHER, 1982) e o triunfo da plástica, principalmente através da obra de Oscar Niemeyer. O vidro passa a fazer parte da paisagem brasileira, definitivamente. E em 1960, Oscar Niemeyer, novamente em companhia de Lucio Costa, dava ao Brasil e ao mundo a obra monumental da nova capital do país, feita de concreto e vidro. Muitos edifícios foram projetados por Oscar Niemeyer, no período de inauguração da cidade, ou por arquitetos influenciados pelas ideias modernistas.

O modernismo foi aplicado em edifícios não residenciais em várias cidades do Brasil, a partir de 1960, e muitos princípios continuam sendo utilizados atualmente, como o brise-soleil e as fachadas envidraçadas utilizadas, muitas vezes, independentemente da orientação solar das superfícies (SILVA, 2007). Dessa forma, os edifícios de escritórios em Brasília, apresentam uma leitura visual semelhante. Nos trabalhos de Silva (2007) e Lima (2010), através de um levantamento fotográfico, buscou-se caracterizar as fachadas dos mesmos, necessitando atualmente de uma atualização e ampliação deste levantamento para melhor caracterização.

Ao lado da plasticidade representada pelo vidro como componente de fachada, no entanto, há todas as questões com relação aos problemas de ganho térmico e ofuscamento. Por outro lado, após mais de 50 anos, na cidade de Brasília, muitos edifícios passam a ter problemas e exigem reformas para modernização e adequação às novas exigências de conforto, eficiência e desempenho (Figura 1).

A figura 1 apresenta intervenção realizada em edifício de escritórios na área central de Brasília onde a não preservação da característica original levou a uma solução de envidraçamento que aumentou o custo total de energia.



Figura 1 - Imagens da cronologia da intervenção na fachada de edifício localizado no Setor Bancário Sul: substituição dos brises por vidros reflexivos (fotos: Cláudia Amorim)

Algumas novas normas e regulamentações, como a NBR 15.575 (ABNT, 2013), o RTQ-C (BRASIL, 2009) e a IN 02 (MPOG, 2014) podem ser elencadas. A Instrução Normativa 02, de 2014, em especial, impõe que todas as reformas em edifícios públicos federais, que envolvam quaisquer intervenções na envoltória (fachadas e cobertura) do edifício e iluminação, tenham obrigatoriamente Etiqueta A de eficiência energética segundo o PBE/Edifica. Esta normativa criou um fato concreto onde as edificações públicas, ao sofrerem qualquer tipo de reforma, são solicitadas a melhorarem seu nível de eficiência energética, sempre. Além disso, desde 2012 regulamentou-se no país o sistema de *net-metering* para a injeção de energia de fontes renováveis por microgeração nas redes de distribuição (ANEEL, 2015). Enseja-se aqui a oportunidade de buscar o objetivo do balanço energético nulo. Dada a alta disponibilidade de irradiação solar no país (RÜTHER e ZILLES, 2011) e a variada gama de combinações favoráveis para orientação e inclinação de módulos fotovoltaicos em Brasília (CRONEMBERGER, 2012), a energia elétrica necessária para o consumo poderia ser gerada *on-site* em coberturas e fachadas.

Segundo o IPHAN-DF (2016), “toda reforma arquitetônica, em qualquer edifício, deve ser autorizada pelo poder público local, no caso a RA - 1, conforme determina o Código de Edificações. Do contrário, a intervenção está ilegal.” Também, por força legal, o Iphan/Distrito Federal realiza vistoria e fiscalização periódica no espaço do conjunto tombado. Caso sejam encontradas ilegalidades, é feita a notificação e solicitada a suspensão da obra (embargo) dos serviços, até que a obra seja regularizada e tenha seu projeto aprovado pelo Iphan.

No caso dos edifícios modernos tombados ou em processo de tombamento, o Iphan defende o bom senso, “mas cada caso é um caso, pois depende do tipo de edifício, do grau de intervenção proposto e do nível de proteção que incide sobre o mesmo. Cabe ressaltar, o Código de Edificações tem exatamente o

objetivo de normatizar tais intervenções na cidade. Portanto, sem conhecer o caso, é impossível definir até que ponto um prédio pode ser reformado sem ferir o tombamento” (IPHAN, 2016).

No entanto, na prática, não é simples definir até onde é possível intervir nos edifícios modernos para melhorar seu desempenho energético e qualidade ambiental, sem ferir o tombamento. As regras não são claras.

A condição de patrimônio da humanidade que Brasília detém desde 1987 e o tombamento das obras de Oscar Niemeyer induz na Universidade de Brasília, e notadamente no programa de pós-graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, um sistemático estudo da sua preservação tanto como fato urbano como de todas as edificações cuja força simbólica devem ser resguardadas na sua concepção original. Muitas intervenções que se veem hoje nestas edificações não seguem um padrão que garanta sua preservação e nem um melhor desempenho em termos de eficiência energética e uso da luz natural.

A atuação de preservação de patrimônio tombado requer pesquisa histórica e construtiva tanto arquitetônica como artística. Complexidade de estudo que é vocação da pesquisa universitária e cujo resultado em dissertações e teses produzem conhecimento que permitem a aplicação em estudos de casos relevantes, gerando importante retorno para a reflexão acadêmica.

Por outro lado, com relação aos edifícios não tombados, Silva (2007) e Lima (2010), realizaram uma primeira triagem examinando edifícios da área central do Plano Piloto e tipificando suas características. Estes trabalhos são o ponto de partida para a investigação aqui proposta, que inclui edifícios não residenciais modernos tombados e não tombados.

No contexto da cidade de Brasília, a situação atual demonstra uma lacuna de pesquisas que efetivamente demonstrem a eficácia das diversas alternativas para uso de luz natural e consequente qualidade ambiental e eficiência energética, relacionando critérios e parâmetros quantitativos e qualitativos às variáveis arquitetônicas e aos limites da preservação das características modernas e do tombamento no caso específico de alguns edifícios não residenciais modernos. Deve-se fornecer aos projetistas arquitetos e aos que lidam com a manipulação das edificações indicações precisas para a otimização da qualidade da iluminação natural e eficiência energética no ambiente construído, que podem e devem ser incorporadas na prática projetual e nas regulamentações vigentes e em uso.

2. OBJETIVO

Esta pesquisa tem como objetivo geral a contribuição para a melhoria da sustentabilidade ambiental e da conservação do patrimônio arquitetônico, através de indicações de intervenções para maior qualidade da iluminação natural e eficiência energética de edifícios não residenciais modernos no Plano Piloto de Brasília.

Neste trabalho busca-se explorar resultados relativos às principais variáveis arquitetônicas e de eficiência energética, assim como as questões relativas ao valor arquitetônico e patrimonial de obras construídas no Plano Piloto de Brasília.

3. MÉTODO

Para desenvolvimento dos objetivos pretendidos neste projeto, foram desenvolvidas várias atividades, dentre as descritas a seguir. A metodologia proposta combina métodos e técnicas diversas, envolvendo a avaliação de aspectos quantitativos e qualitativos, através da observação e coleta de dados *in loco* e simulações computacionais. As etapas do método são:

3.1. Caracterização de tipologias e definição de modelos representativos

A caracterização de tipologias de edifícios não residenciais (em especial de escritórios) na zona central no Plano Piloto foi realizada através de visitas *in loco*, registros fotográficos e análises com as ferramentas Google Street View Google Earth, Wikimapia e Google Maps. O levantamento abarcou as características morfológicas de 240 edifícios da zona central do Plano Piloto (considerando forma, altura, orientação), bem como de composição e características das fachadas (percentual de aberturas, tipos de vidros, presença de elementos de proteção solar), além de ano de construção, complementando o banco de dados proposto anteriormente por Lima (2007). Para uma amostra de 30 edifícios, os dados de consumo de energia foram coletados, para o período relativo aos anos entre 2013 a 2017.

Uma amostra de 8 edifícios foi escolhida para a caracterização dos padrões de uso e ocupação dos ambientes internos (escritórios). A partir destes dados, foram definidos modelos representativos a serem simulados.

Foi feita uma compilação de banco de dados, através da classificação dos edifícios por setor, arquiteto, ano de construção, época, uso, morfologia (altura e forma do edifício, características das fachadas) e grau de tombamento, através das ferramentas Microsoft Access e Excel. A partir dos dados coletados, foram gerados gráficos, tabelas resumo e mapas. A figura 2 apresenta o banco de dados criado para este fim.



Figura 2. Banco de dados dos edifícios de escritórios da zona central de Brasília

3.2. Definição de variáveis para o estudo da iluminação natural e eficiência energética e desenvolvimento de simulações computacionais

As simulações computacionais de iluminação natural e consumo energético são descritas em COSTA (2018). Foram utilizados os softwares Daysim e Design Builder para uma das tipologias representativas das condições teóricas de iluminação natural e consumo energético (considerando os usos finais ar condicionado e iluminação) nestes edifícios. Foram utilizadas as plataformas computacionais Daysim, DIVA e Design Builder (COSTA, 2018).

O estudo considerou as variáveis arquitetônicas de envoltória baseadas em estratégias que podem promover a qualidade de iluminação natural e a melhor eficiência energética, ou até mesmo o balanço energético nulo. As variáveis utilizadas no estudo são: percentual de aberturas nas fachadas (PAF), proteções solares, fator solar e transmissão luminosa do vidro.

Em paralelo, foram realizadas simulações de produção de energia solar fotovoltaica aplicadas ou integradas nas coberturas dos edifícios, utilizando o software PVSYST.

4. RESULTADOS

A seguir apresentam-se os resultados obtidos até o momento, decorrentes da metodologia aplicada:

4.1. Caracterização de tipologias e definição de modelos representativos

A figura 3 apresenta mapa da área central estudada, com a caracterização de altura dos edifícios.

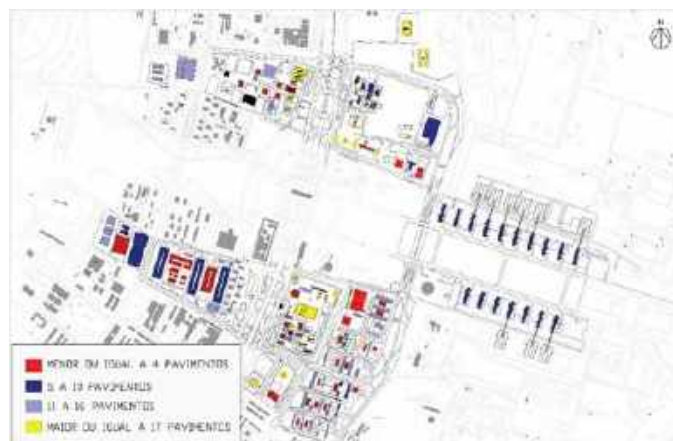


Figura 3 - Mapa com os edifícios de escritórios na área central de Brasília Fonte: Costa ET AL, 2017

Apenas 9 edifícios foram construídos após 2010, sendo que, dentre o total, 141 são edifícios públicos

e os 99 privados. Ressalta-se que apenas os públicos estão submetidos à Etiquetagem de Eficiência Energética pela Instrução Normativa 02. Além disso, em relação ao ano de construção, foi possível obter apenas 42% dos dados dos edifícios, em que se evidenciou que 34 edifícios correspondem à década de 1960, 30 à década de 1970, 5 à década de 1980, 13 à década de 1990, 9 à década de 2000 e 9 a partir de 2010 até atualmente. Em relação aos dados coletados, ao dar enfoque nos setores e retirando-se a Esplanada dos Ministérios, observou-se maior número de edificações entre as décadas de 1970 e 1980.

Quanto ao percentual de aberturas e proteções solares, 40% dos edifícios estudados possuem fachadas quase inteiramente envidraçadas e 70% das fachadas não apresentam nenhum tipo de sombreamento de janela. 30% dos edifícios apresentam brises ou pórticos. No que diz respeito ao tombamento, evidenciou-se que apenas 18 edifícios são tombados pelo IPHAN, porém, alguns deles possuem potencial de tombamento devido à importância simbólica, construtiva e/ou arquitetônica. De acordo com a tabela 1, constata-se a presença de 32% do total de edifícios até 4 pavimentos. Quanto à forma, identificou-se 89% dos edifícios como forma retangular.

Tabela 1 - Resumo dos dados: número de pavimento, forma do edifício e orientação solar da fachada principal

Informação	Tipo	2010	2017
Número de Pavimentos	1 a 4	33%	32%
	5 a 10	31%	30%
	11 a 16	27%	28%
	Maior que 17 (máx.28)	9%	10%
Forma dos Edifícios	Circular	0%	0%
	Irregular	5%	4%
	Retangular	91%	89%
	Quadrada	4%	7%
Orientação Solar da Fachada Principal	18° (Norte)	12%	13%
	108° (Leste)	39%	35%
	198° (Sul)	15%	18%
	288° (Oeste)	23%	22%
	Outros	11%	12%

Fonte: COSTA, OLIVEIRA e AMORIM (2017)

Foi possível analisar 30 contas de energia dentre os 240 edifícios, relativas ao período de 2013 a 2016, representando uma amostra de 10%. Os edifícios foram classificados como públicos devem mostrar total transparência em relação às contas de energia por lei, o que facilita o acesso de informações, mas o mesmo não acontece com os privados. Obteve-se a média de consumo de 131,9 kWh/m².ano (entre 88 e 286 kWh/m².ano).

Tabela 2 - Resumo dos dados: exemplo de número de pavimento e consumo energético entre 2013 e 2016

Edifício	N° pavimentos	Consumo de energia elétrica em kWh/m ² .ano				
		2013	2014	2015	2016	Média do período
A	2	96	100	95	93	96
B	2	--	123	125	--	124
C	4	156,2	157,8	159,8	148,1	155,5
D	4	103,4	88,1	98,6	89,7	95
E	4	92	177	176	142	146,8
F	4	97	90	88	--	91,7
G e H	5 e 3	120,3	119	125,5	121,2	121,5
I	6	75	73	63	--	70,3
J	7	--	111	104	130	115
K	8	286	266	237	246	258,8
L	10	137	144	136	--	139
M	10	120	122	128	--	123,3
N	12	140,3	140,2	155,2	157,8	148,4
O	18	158	167	172	150	161,8
Média de consumo		131,8	134,1	133,1	142,0	131,9

Fonte: COSTA, OLIVEIRA e AMORIM (2017)

A partir dos dados coletados e da frequência de ocorrência, identificaram-se 3 modelos representativos dos edifícios, a serem simulados:

- 1- Edifícios planta quadrada (30 x 30 m), 4 pavimentos
- 2- Edifícios planta retangular (11 x 102 m), 10 pavimentos
- 3- Edifícios planta retangular (15 x 35 m), 15 pavimentos

Neste artigo são relatados os resultados do modelo 1, edifício de 4 pavimentos, com planta de 30 x 30 m.

A figura 4 caracteriza o modelo utilizado, com as respectivas zonas:

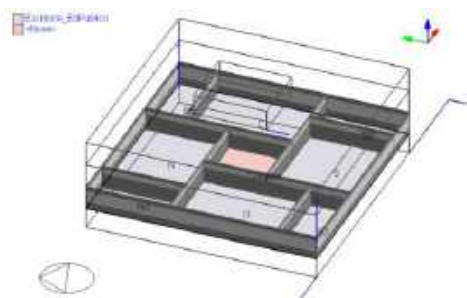


Figura 4. Modelo do edifício de 4 pavimentos. Fonte: COSTA, 2018

4.2. Resultados das simulações computacionais

Após a definição do modelo representativo de 4 pavimentos, foram simulados os consumos de energia para ar-condicionado, iluminação e equipamentos de escritórios. A figura 5 resume os resultados.

Eficiência da envoltória			
Maior consumo	←	→	Menor consumo
PAF 80% Sem proteção solar	PAF 50% Sem proteção solar	PAF 32% Com proteção solar	PAF 50% Com proteção solar
Consumo (kWh/m²ano)			
115	114	102	99

Figura 5. Avaliação da influência das variáveis no consumo energético do modelo de 4 pavimentos. Fonte: COSTA, 2018

Conclui-se que as variáveis de Percentual de Área Envidraçada (entre 30% e 50%) e vidro (FS 43%/TL 32%) e a adição de proteções solares foram responsáveis pela diminuição de 20% do consumo energético, mantendo o equilíbrio entre a quantidade de iluminação natural nos ambientes e o consumo energético. No total, foi obtida uma redução de 46% no consumo energético total entre o modelo de 4 pavimentos (edifício convencional de escritório, com maior consumo) e o modelo otimizado (menor consumo encontrado). Em média, a proporção entre produção e consumo, simulando-se a produção de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos na cobertura, foi entre 95% a 112%. Assim, a meta de NZEB foi alcançada. No final, a meta de balanço energético nulo foi alcançada no modelo otimizado.

5. CONCLUSÕES

A partir do levantamento detalhado de consumo de energia e características morfológicas de 240 edifícios de escritórios na zona central de Brasília, demonstrou-se que um primeiro estudo baseado em simulações energéticas demonstrou que, para edifícios de 4 pavimentos, a otimização das variáveis de Percentual de Aberturas na Fachadas (PAF), melhoria das características óticas de vidros (TL e FS) e a adição de proteções solares poderia diminuir a demanda de energia entre 20% e 46%, sendo factível a hipótese de alcançar o balanço energético nulo. As demais tipologias de edifícios de 10 e 15 pavimentos ainda serão simuladas. Está em desenvolvimento um modelo de parâmetros analíticos que permitam a utilização de critérios norteadores para as intervenções em edifícios com valor histórico para o patrimônio moderno, mantendo sua

Integridade e considerando os aspectos de Significância e Autenticidade, levando em conta as variáveis mais importantes do ponto de vista da iluminação natural e eficiência energética, primeiros resultados deste trabalho: percentual de aberturas na fachada (PAF), propriedades óticas dos vidros (FS e TL) e proteções solares.

As etapas futuras visam construir diretrizes que qualitativamente permitam decidir pela maximização da integridade do valor patrimonial, a minimização dos custos de energia, mantendo o conforto ambiental e a possível produção de energia dentro da vida útil da edificação. Essa etapa, relevante considerando que os edifícios de maior significância já alcançam 50 anos, será desenvolvida em uma dissertação de mestrado com conclusão prevista para 2020.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMORIM, C.N.D. Diagrama Morfológico Parte I – Instrumento de análise e projeto ambiental com uso de luz natural. **Paranoá** – Periódico do Programa de Pós Graduação, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, v.3, pp. 57-76, Brasília, 2007.
- AMORIM, C.N.D. Iluminação natural e eficiência energética: critérios para intervenção em edifícios não residenciais modernos no Plano Piloto de Brasília. Projeto de Pesquisa. FAP-DF, Brasília, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT. **NBR 15.575**. Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- ACAYABA, Marlene Milan e FICHER, S.: Arquitetura moderna brasileira. São Paulo, Projeto Editores Associados, 1982.
- ANEEL. 2015. Resolução Normativa Nº 687, de 24 de novembro de 2015, Brasília. Disponível on line: <http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf> (consultado julho/2018).
- BAKER, N.; FANCHIOTTI, A.; STEEMERS, K. **Daylighting in Architecture. A European Reference Book**. James and James Editors, London, 1998.
- BEN. **Balanco Energético Nacional**. MME, Brasília, 2018
- BRASIL. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria 372, de 17 de setembro de 2010. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos**. Rio de Janeiro, 2009.
- CINTRA, M.S. Arquitetura e luz natural: a influência da profundidade de ambientes em edificações residenciais. **Dissertação** (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo). Universidade de Brasília, 2011.
- COSTA, J. F. W.; OLIVEIRA, N. P. R. de; AMORIM, C. N. D. Morphological characteristics and energy consumption of office buildings in the central area of Brasilia. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 33., 2017, Edinburgh. Proceedings. [Edinburgh]: NCEUB, 2017. v. 2, p.2507-2514. Disponível em: <https://plea2017.net/wp-content/themes/plea2017/docs/PLEA2017_proceedings_volume_II.pdf>. Acesso em: 6 set. 2018.
- COSTA, João Francisco Walter. Edifícios de balanço energético nulo: um estudo para escritórios em Brasília. 2018. xxii, 305 f., il. Dissertação (Mestrado em em Arquitetura e Urbanismo) -Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- CRONEMBERGER, Joára; Martín, Estefanía Caamaño; Sánchez, Sergio Vega (2012). Assessing the solar irradiation potential for solar photovoltaic applications in buildings at low latitudes – Making the case for Brazil. *Energy and Buildings* 55, 264 - 272.
- DEHOFF, P. A., The balance between energy efficiency and human aspects in lighting. CIE Conference "Lighting Quality and Energy Efficiency", China, 2010. Proceedings...
- DIDONÉ, E. A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). UFSC, 2009.
- FONTOYNONT, M. (Ed.). **Daylighting Performance in Buildings**. James and James, London, 1999.
- IEA, SHC Task 50. Monitoring protocol for lighting and daylighting retrofit, Technical Report T50.D3, maio, 2014.
- IPHAN. Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/618/> acesso em 31/03/2019
- GRILLO, J.C.S. Reabilitação Ambiental de Edifício Público Modernista: o caso do Palácio Itamaraty. 2005. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília
- HELLINGA, H.; HORDIJK, T. The D&V analysis method: a method for the analysis of daylight access and view quality. *Building and Environment* 79, 101-114, 2014.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. Eficiência energética na arquitetura. São Paulo: PW, 2013
- LIMA, T. B. S. Qualidade Ambiental e Arquitetônica em edifícios de escritórios. Diretrizes para projetos em Brasília. 2010. Tese (Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília
- MARDALJEVIC, J.; CHRISTOFFERSEN, J. A roadmap for upgrading national/EU standards for daylight in buildings. In: CIE Centenary Conference "Towards a new century of light". Paris: CIE, 15-16, abril. 2013. Proceedings...pp. 178-187
- MPOG/SLTI. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instrução Normativa Nº02-de 4 de junho de 2014. SLTI/2014. Disponível em : <http://pesquisa.in.gov.br/imprensa/jsp/visualiza/index.jsp?data=05/06/2014&jornal=1&pagina=102&totalArquivos=164> Acesso em 03/04/2019
- NICOLETTI, A. M. A.Eficiência energética em um Ministério da Esplanada: propostas para retrofit de envoltória. 2009. **Dissertação** (Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília.
- REINHART, C. F. Tutorial on the Use of Daysim Simulations for Sustainable Design. Ottawa: Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 2006.

- RÚTHER, R; ZILLES, R. (2011). Making the case for grid-connected photovoltaics in Brazil. *Energy Policy*, Vol. 39, Is. 3, 1027-1030. 9th International Radiance Workshop; September 20-21, 2010.
- SILVA, E. G. Nações Unidas e Congresso Nacional: conexões e preservação. 2017. 244 f., il. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- SILVA, J. S. A eficiência do brise-soleil em edifícios públicos de escritórios: estudo de casos no Plano Piloto de Brasília. 2007. Dissertação (Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília.
- VIENOLD, J.; CHRISTOFFERSEN, J. Towards a new daylight glare rating. In: LUXEUROPA Conference “Light fur enschen”. Berlin, 19-21 setembro 2005. Proceedings...
- WILSON, Alex; MALIN, Nadav. Establishing Priorities with Green Buildings. *European Directory of Sustainable and Energy Efficient Buildings. Components, Services and Materials*. Ed. James and James, London, 1997. pp.39-42.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Apoio à Pesquisa do Distrito Federal (FAP-DF) - Governo de Brasília, pelos recursos financeiros aplicados no financiamento do projeto e ao Conselho de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de Produtividade em Pesquisa.