



A EVOLUÇÃO DA ARQUITETURA E DOS ASPECTOS ENERGÉTICOS DOS EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS NOS ÚLTIMOS 30 ANOS NA CIDADE DE SÃO PAULO

M. A. Roméro; J. C. Gonçalves & L.F.P. Dilonardo

Universidade de São Paulo

Departamento de Tecnologia da Arquitetura

NUTAU - Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo

Rua do Lago 876, Cidade Universitária, São Paulo, S.P. – Brasil

Tel: + 55. 11.8184571 Fax: + 55.11.818453

E-mail: maromero@usp.br; luciadil@usp.br

RESUMO: Este artigo analisa a evolução da arquitetura e dos aspectos energéticos pelo lado da demanda, dos edifícios de escritório, nos últimos 30 anos, na cidade de São Paulo, tomando como base uma série de pesquisas realizadas neste tipo de edificação entre agosto de 1986 e agosto de 1999. O objetivo do artigo é avaliar inicialmente o comportamento da arquitetura frente ao clima e frente às condicionantes impostas pela própria utilização destes edifícios, e por fim a evolução de indicadores energéticos como consumos agregados e desagregados por usos finais.

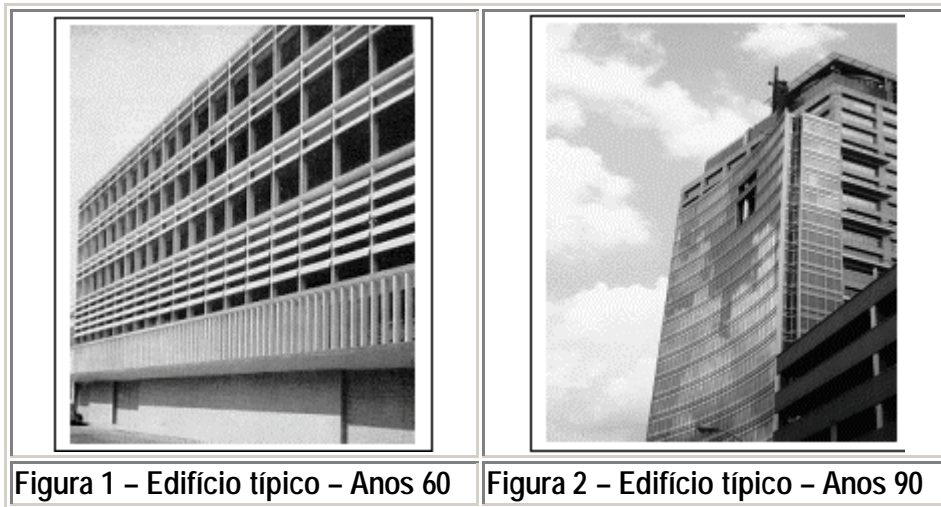
ABSTRACT: This paper analyses the evolution of the architecture and electric energy aspects with emphasis on demand in office buildings during the last 30 years in São Paulo City. This issues and conclusions were based on a range of researches conducted from August 1986 to August 1999. The main goal is to evaluate the architectural and climatic behavior considering the indoor conditions and its high charges involved, such as people, lighting, air conditioning and equipments, and finally analyses the evolution of energetic indicators such as the total electrical consumption and the consumption by end-use.

1 A evolução dos padrões arquitetônicos

Nos últimos 30 anos, assistimos a uma grande mudança nos padrões arquitetônicos dos edifícios de escritórios projetados na cidade de São Paulo. Mudanças em todos os sentidos: materiais das envoltentes externas; cobertura; envoltentes internas; forma;

índice de compacidade; relação de vidros nas fachadas (wwr – window wall ratio); pé-direito; aberturas de caixilhos, possibilidade de ventilação natural e ventilação cruzada; piso elevado e outras. Foram tantas as mudanças que para além do uso, os edifícios da década de 60 e os edifícios do final da década de 90 em nada se parecem. Quando colocados lado a lado, é difícil avaliar que somente 30 anos os separam (ver figuras 1 e 2). Quais foram às causas de tantas mudanças? Por que motivos elas foram geradas?

Inicialmente, houve uma mudança na forma do andar tipo, que passou de um ambiente totalmente compartimentado e que privilegiava a luz natural, para um ambiente único, sem divisões internas do tipo pesado, de piso a forro, além da separação entre áreas molhadas, serviços e escadas da grande área de escritórios. Esta aparente pequena alteração produziu enorme impacto no consumo de energia dos dois maiores usos finais do setor: a iluminação artificial e o condicionamento ambiental. Na iluminação, devido à perda de luz natural pelo aumento da escala do pavimento tipo, e no condicionamento, devido ao aumento da carga térmica proporcionado pelas pessoas e equipamentos. As envoltentes externas, apesar de continuarem do tipo pesado, ganharam percentuais de vidro que atingem 100% em muitos casos, gerando ganhos extras de radiação solar, que ao nível do mar é composta de uma pequena parcela de irradiância na faixa do ultravioleta, e uma parcela maior na faixa da luz visível e na faixa dos raios infravermelhos. A necessidade de um número cada vez maior de ambientes condicionados, que é uma postura discutível para a latitude de São Paulo, gerou na arquitetura dos edifícios de escritório, o fechamento completo dos caixilhos, impossibilitando sequer a ventilação diurna e noturna.



A relação entre materiais e forma, que outrora era uma premissa de projeto e priorizava as fachadas mais expostas, incluindo inclusive os protetores solares exterior, foi totalmente esquecido. É muito comuns encontrarmos nos centros urbanos de todo o Brasil, em todas as nossa latitudes, edifícios tipo torre, com grandes empenas verticais e expostas a intensas radiações, totalmente de vidro e sem nenhum tipo de proteção solar exterior. Fatos como estes não existiam há cerca de 30 anos atrás.

2 A evolução dos indicadores energéticos

2.1 Considerações preliminares

A análise dos indicadores energéticos demonstrados neste trabalho baseou-se em três pesquisas, sendo a primeira conduzida pelo escritório JWCA, onde foram avaliados 422 edifícios do terciário paulista e as demais conduzidas e coordenadas por ROMÉRO, que contou com a participação de alunos de pós-graduação, pesquisadores e professores do NUTAU-USP. Os dados globais dos estudos de caso podem ser visualizados na tabela a seguir:

Tabela 1 – Dados gerais dos estudos de caso analisados

DADOS	JWCA	1	2	3	4	5
Área total (m ²)	(1)	3.070	7.000	10.555	103.659	61.779
População	(2)	110	357	536	1126	2446
Consumo médio mensal (kWh)	(3)	36.000	95.500	172.000	842.000	850.000
WWR (%) (5)	(4)	70	50	40	70	70
Ano do projeto		1991	1982	1992	1990	1997

1. Áreas variadas; (2) População bastante variada em função das área, porém, alguns dados são conhecidos, como o consumo em kWh por funcionário que variou de 41 a 300 kWh; (3) Consumos variando entre 2,6 e 17,0 kWh/m²*mês; (4) Variando entre 30 e 100%; (5) WWR – Window Wall Ratio – Este índice mede o percentual de vidros nas fachadas dos edifícios.

Nestes últimos treze anos de pesquisas, as condicionantes arquitetônicas modificaram-se bastante nos edifícios do terciário paulista e paralelo a isto, uma série de outras condicionantes vinculadas direta e indiretamente aos aspectos arquitetônicos, também variaram. Algumas outras condicionantes variaram em função de modificações nos padrões de uso do espaço e da elevação da densidade ocupacional nas áreas de carpete, sinônimo de áreas efetivamente ocupadas em edifícios de escritório. Este item demonstra e analisa alguma destas evoluções como o consumo por unidade de área; o consumo desagregado por usos finais e o consumo por funcionário.

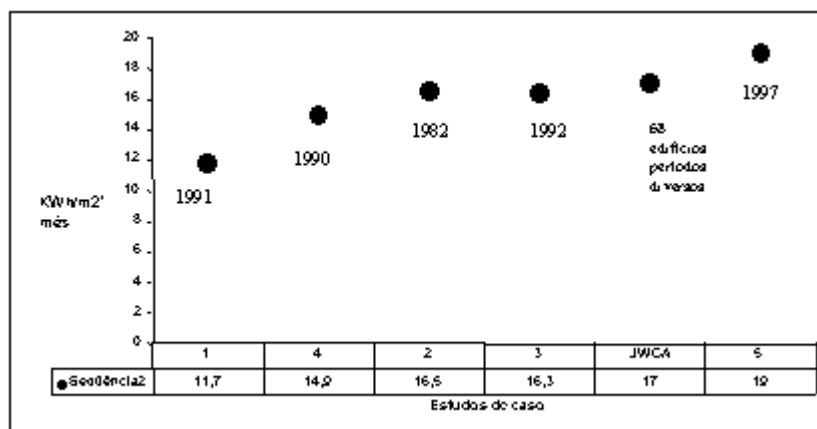
2.2 Consumo por unidade de área.

O consumo por unidade de área (kWh/m²) juntamente com a demanda de pico (W/m²) é um dos indicadores mais utilizados como elemento comparativo em pesquisas na área de conservação de energia elétrica tanto no Brasil como no exterior. No Brasil utilizamos o somatório mensal enquanto que nos EUA e Europa utiliza-se o somatório anual. Quanto à área, o mais coerente é a utilização de áreas úteis no quociente, mas no caso paulista, a maior pesquisa já realizada no setor terciário considerou áreas totais e, portanto, para efeitos comparativos, consideraremos nesta análise as áreas totais.

O valor de 17 kWh/m² levantado por JWCA em 68 edifícios, considerou apenas os casos com consumos mensais acima de 10.000 kWh/mês, que é exatamente a

realidade dos demais casos avaliados aqui. O caso 1 apresenta o menor consumo e é também o edifício de menor área, fato este que vem comprovar a estreita relação entre a escala do edifício e o consumo por unidade de área. Os demais casos apresentam consumos muito similares, variando entre 14,9 e 17,0 kWh/m², e o caso 5, que é o edifício mais recente e também o de maior área, apresenta o maior consumo.

Gráfico 1 – Consumo por unidade de área



2.3 Consumo desagregado por usos finais

O consumo desagregado por usos finais é um dos melhores indicadores para se diagnosticar o comportamento termo-energético de um dado edifício em análise. A tabela 2 a seguir apresenta variações de consumos dos últimos 30 anos, pois a pesquisa realizada por JWCA e finalizada em 1988, considerou edifícios das décadas de 60,70 e 80. Os casos de 1 a 5 referem-se a projetos das década de 80-90, e o caso 5, que é o mais recente, refere-se a um projeto de 1997.

Tabela 2 – Consumos desagregados dos casos analisados (%)

Usos finais (%)	JWCA	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Caso 4	Caso 5
Iluminação	52	31	35	35	42	25
Condicionamento	36	33	54	40	40	22
Outros (1)	12	36	11	25	18	53

(1) Estão presentes aqui todos os demais usos finais, a saber: equipamentos de escritório e informática, elevadores, bombas de recalque, escadas rolantes, equipamentos eletro-mecânicos, cozinha e cocção e outros.

Analisando os consumos desagregados, nota-se que o caso 5 apresenta um comportamento diferente dos demais devido ao elevado peso dos outros itens além da iluminação e do condicionamento ambiental. Especificamente no caso 5, o percentual de 53% dos outros itens refere-se aos elevadores com 20,3 % de participação, aos equipamentos de escritório com 19,5% e às bombas com participação de 3,2%. Nota-se nesta desagregação uma mudança de perfil de consumos dos novos edifícios de escritório em relação a edifícios projetados a 10 anos atrás. Enquanto a potência média de equipamentos por unidade de área era de 18 W/m² até o início dos anos 90, a nova

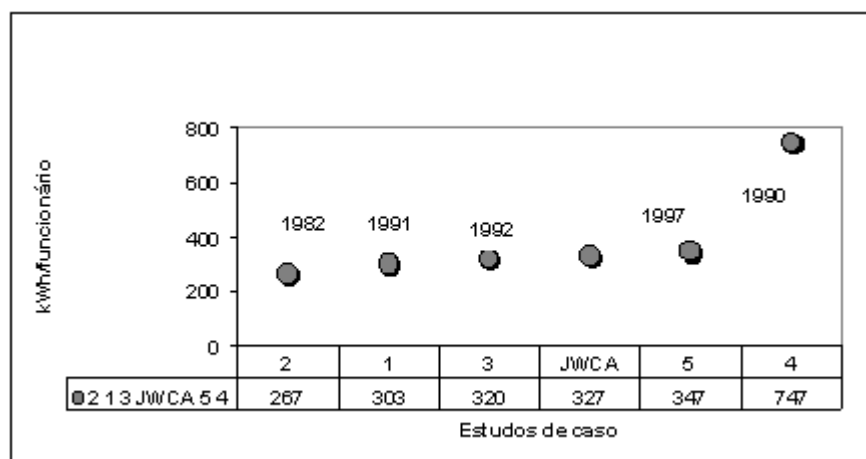
tendência para os edifícios com postos de trabalho para praticamente todos os usuários, é de cerca de 50 a 60 W/m².

Este dado é bastante atual e aponta uma tendência dos novos edifícios para o século XXI. Um outro fato importante na comparação do caso 5 com os demais, é o elevado peso dos elevadores em edifícios de grande altura e elevado tráfego, que no caso 5 é de cerca de 20,3% contra cerca de 7% nos edifícios mais antigos dos anos 70 e 80.

2.4 Consumo por funcionário

Um outro importante indicador para o setor elétrico é o consumo por funcionário ativo, que se situa próximo aos 300 kWh/funcionário em todos os casos avaliados, com exceção do caso 4, que apresenta uma média próxima a 800 kWh. A questão que se coloca é a excepcionalidade do caso 4 ou o surgimento de uma nova tendência. Analisando o consumo do caso 4 isoladamente, nota-se que tanto os valores nominais como o consumo por m², são coerentes com as dimensões do edifício, mas o número de funcionários por metro quadrado é mais reduzido que o caso 5, por exemplo, que é o edifício mais recente. Tendo em vista também que dos 73 casos analisados aqui, 72 situam-se com valores próximos a 300 kWh e apenas 1 com valores quase 3 vezes maiores, conclui-se que o caso 4 trata-se de uma exceção, com densidade ocupacional baixa e não representando portanto uma nova tendência para os padrões brasileiros.

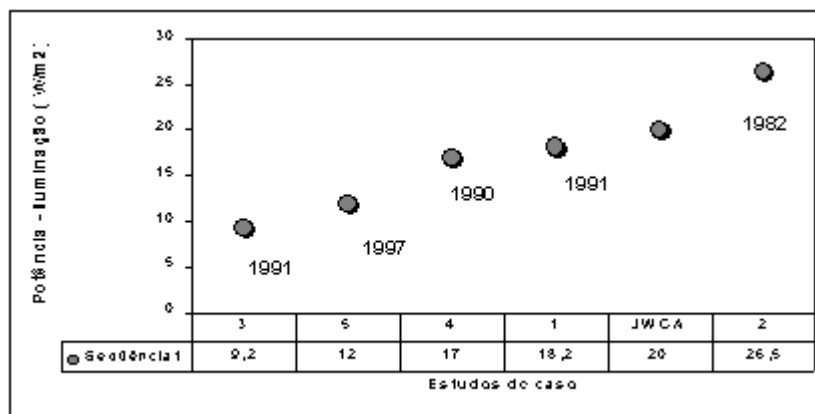
Gráfico 2 – Consumo por funcionário



2.5 Potência instalada em iluminação artificial

Nota-se no gráfico a seguir, uma redução na potência instalada em iluminação artificial nos últimos 17 anos, devido à elevação do rendimento das lâmpadas em termos de lumens por Watt e da eficiência das luminárias e dos reatores. Uma nova tecnologia de lâmpadas surgiu nestes 17 anos, que são as lâmpadas fluorescentes compactas, que substituem com facilidade as antigas incandescentes. No caso 2, por exemplo, a elevada potência de 26,5 W/m² é devida à presença de lâmpadas incandescentes nas circulações horizontais e verticais e lâmpadas fluorescentes, luminárias e reatores com tecnologia ultrapassada. O caso 3, por exemplo, atinge 500 lux no plano de trabalho com potência inferior a 10 W/m², que é um número bastante factível para os edifícios de escritórios hoje.

Gráfico 3 – Potência instalada em iluminação artificial



3 Uma arquitetura para os edifícios de escritório em São Paulo

Com base nestas pesquisas e avaliações é possível traçar um perfil arquitetônico de qualidade para os edifícios de escritórios hoje, utilizando a tecnologia disponível e atingindo os padrões aceitáveis de utilização e conforto. A seguir, são traçadas algumas características desta arquitetura: (1) Manter um percentual de envoltivo tipo pesada nas fachadas não excedendo 50% da área total vertical; (2) Manter um percentual de envoltivo envidraçada nas fachadas não excedendo 50% da área total vertical; (3) Permitir a ventilação natural noturna em um percentual da parte superior dos caixilhos visando o arrefecimento noturno da massa do edifício; (4) Eliminar por completo as paredes tipo trombe, ou seja, as superfícies envidraçadas na frente de vigamentos de concreto armado e pintados de preto nas suas faces exteriores, que tornam-se coletores solares irradiando calor paulatinamente para o interior dos edifícios; (5) Possibilitar a ventilação do forro no período noturno com renovação do ar exterior; (6) Utilizar sistemas de ventilação artificial nos períodos de inverno e/ou meia estação substituindo o ar condicionado tradicional; (7) Utilizar protetores solares externos nas fachadas com maior incidência de radiação; (8) Considerando que a iluminação natural raramente atinge profundidades superiores a 3,5 m no perímetro dos edifícios, a redução da profundidade do pavimento proporciona a utilização da iluminação natural na maior parte do dia; (9) Deslocar o "core" do centro da planta livre, para as extremidades, de forma a viabilizar a penetração da luz natural.

4 Referências bibliográficas

JWCA - Jorge Wilhelm Consultores Associados. CONSUMO DE ENERGIA NOS SETORES DE COMÉRCIO E SERVIÇOS - Relatório Final. São Paulo, Janeiro de 1988. Mimeo. Esta pesquisa avaliou 400 edifícios do terciário paulista, e até o presente, é o mais completo levantamento de dados de consumo energético já realizado em edifícios na cidade de São Paulo. A pesquisa tem um valor muito grande porque apresenta diversos indicadores energéticos que são passíveis de serem comparados com outros levantados atualmente e desta forma avaliar o comportamento termo-energético da arquitetura destes tipos de edifícios. Neste paper, as referências aos dados desta pesquisa aparecem com a sigla JWCA e referem-se somente aos edifícios

de escritório analisados que totalizam 68 casos, projetados em diversas épocas e com arquiteturas variadas.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. ARQUITETURA, COMPORTAMENTO E ENERGIA - ANÁLISE DO DESEMPENHO ENERGÉTICO E DO NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS EM EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIO NA CIDADE DE SÃO PAULO UTILIZANDO-SE PROCEDIMENTOS DA AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO. São Paulo, FAUUSP, Volume I e Volume II. Tese de Livre-Docência, apresentada à Faculdade de Arquitetura e Urbanismo para a obtenção do título de Livre-Docente. Esta pesquisa avaliou 4 edifícios de escritório situados na cidade de São Paulo e projetados entre 1982 e 1992, totalizando cerca de 125.000 m² e onde foram entrevistados 320 usuários. Neste paper, as referências a este trabalho aparecem com as seguintes siglas: Caso 1, Caso 2, Caso 3 e Caso4.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade. Avaliação Energética e Comportamental - Edifício Birmann 21. São Paulo, FAUUSP - NUTAU, Volume 1, 1999. Mimeo. Trabalho de diagnóstico energético realizado com a colaboração dos alunos de pós-graduação da disciplina AUT-801- Novas Metodologias de Pesquisa Tecnológica na Arquitetura e Urbanismo, realizada na FAUUSP no segundo semestre de 1998. Neste paper, as referências a este trabalho aparecem com a sigla Caso 5.