

O DEBATE DA VERTICALIDADE E O NOVO PROTÓTIPO DO EDIFÍCIO ALTO NO PROJETO *MILLENNIUM TOWER*, LONDRES

Joana Carla Soares Gonçalves ⁽¹⁾, Marcelo de Andrade Romero ⁽²⁾

Departamento de Tecnologia, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo
Rua do Lago, 876, Cidade Universitária, cep 05508-900, São Paulo-SP
Tel 11 38184571, Fax 38184539, e-mail: jocarch@usp.br

RESUMO

Ao longo da história da arquitetura, a necessidade de se construir cada vez mais alto, tem ultrapassado as razões arquitetônicas e urbanas, fazendo da corrida pela verticalidade, antes de tudo, uma disputa pela supremacia política e econômica. Os grandes empreendimentos do século 20 provaram que a tecnologia de construção e operação de edifícios altos é capaz de realizar alturas até então inimagináveis. Apesar das relações intrínsecas entre a realização do edifício alto e a macro-economia mundial, o investimento financeiro não constitui o único fator determinante para a definição dos limites da verticalidade.

Na procura do protótipo do edifício alto de baixo impacto ambiental, a proposta da *Millennium Tower* de Londres incorpora a última geração da tecnologia energeticamente eficiente e ecologicamente consciente, sobre as bases de um desenho arquitetônico igualmente direcionado com princípios de eficiência energética e espacial e conforto ambiental.

Palavras-chave: edifício-alto, consumo de energia, impacto ambiental, tecnologia, recursos naturais



Figura 1 Modelo computacional do projeto e sua relação de altura com a escala crescente da verticalidade dos edifícios de Londres. Fonte: Imagem cedida pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

1. INTRODUÇÃO

A imagem do edifício alto, que no período pós-guerra era associada à pujança econômica norte-americana, atualmente remete-se também às economias emergentes dos países em desenvolvimento localizados no cinturão do equador, como Malásia e Brasil. As cidades americanas dominaram a arquitetura dos edifícios altos até a década de 70, evidenciando a força de seu capitalismo. Apesar dos materiais mais leves e da prática das construções aerodinâmicas, essas torres ainda demandam muito tempo e altos investimentos na

construção, o que passou a representar, desde as últimas três décadas, dificuldades para a implantação de mais edifícios altos no continente norte-americano.

Em contrapartida, com a força das pressões da globalização econômica desde o início da década de 80, o continente asiático passou a ser o território internacional dos edifícios altos, onde o título de *Edifício mais Alto do Mundo* representa mais do que nunca um *status provisório* de supremacia, dada a velocidade e as conquistas da corrida pela verticalidade. Os clientes asiáticos têm investido em uma nova geração de edifícios altos que ultrapassam os limites da verticalidade dos antigos clássicos e modernos edifícios altos do ocidente.



Figura 2 (à esquerda) *World Trade Center* em Nova Iorque. Projeto de 1972 com 417 de altura, representa o símbolo da supremacia econômica norte-americana no século 20.

Figura 3 (à direita) Edifício Empire State de 1932, o "arranha-céu" dos anos dourados do art-deco.

Dentre as cidades emergentes que se destacam no cenário internacional da arquitetura por seus grandes edifícios, Kuala Lumpur na Malásia, possui as torres mais altas do mundo da atualidade, as *Petronas Towers*, concluídas em 1997, com 452 metros de altura. As torres das Petronas, sede de uma das maiores empresas de petróleo da Ásia, chamam a atenção do mundo por sua elevada verticalidade e sua aparência remetida à cultura mulçumana, enquanto operam sobre os parâmetros tecnológicos e operacionais dos edifícios comerciais do ocidente (SCIENTIFIC AMERICAN, 1997).

No entanto, alguns questionamentos da arquitetura contemporânea vêm desafiando os paradigmas da verticalidade: É possível que a tipologia do edifício alto faça parte dos paradigmas da arquitetura de baixo impacto ambiental? As vantagens e desvantagens de um edifício alto ainda são aspectos não plenamente experienciados e compreendidos nos grandes centros urbanos de economias fortes.

2. OS EFEITOS DA VERTICALIDADE NA INFRAESTRUTURA PREDIAL

Na medida em que os adventos tecnológicos do concreto de alto desempenho, da estrutura de aço e as novas propostas de desenhos da estrutura têm possibilitado a conquista de edifícios cada vez mais altos, as torres de edifícios se tornaram feitos monumentais da modernidade. A partir de então, os limites para a verticalização passaram a ser menos ditados pelas questões de tecnologia estrutural, para serem determinados em geral por questões de consumo energético, custos de operação e manutenção predial, efeitos psicológicos de alturas excessivas e riscos de impacto ambiental.

Conseqüentemente, a pergunta central da arquitetura de edifícios altos deixou de ser: Qual a altura máxima que podemos alcançar com a estrutura do edifício? Para ser: Até qual altura devemos levar o edifício? Ou seja: Quão alto pode ser um edifício e se manter economicamente atraente, sem sacrificar a qualidade da vida na cidade? Ou ainda, para que precisamos de edifícios cada vez mais altos?

Com o aumento da escala do edifício, os problemas de operação e manutenção da tecnologia incorporada se assemelham aos encontrados na infraestrutura de serviços e abastecimento das áreas urbanas, como o de aumento do tráfego de passageiros, mercadorias, água, resíduos sólidos, esgoto e energia, neste caso, refletidos nas exigências a serem cumpridas pelo sistema de circulação vertical. No caso específico da geração de resíduos sólidos, números do clássico edifício alto norte-americano, o *Empire State*, apontam uma quantidade maior que cem toneladas por mês (RUTENBECK, 1990).

O edifício alto é essencialmente um grande consumidor de energia, levantando polêmicas associadas ao consumo de energia, como poluição e aquecimento do ar, degradação e esgotamento das reservas naturais e custos onerosos em decorrência dos impactos sobre a infraestrutura urbana. O consumo energético de um edifício alto originário da primeira geração de torres do século 20 apresenta quantidades consideráveis. Retomando-se como exemplo o caso do *Empire State Building*, este edifício consome um total de 40 milhões de kWh de eletricidade por ano, o equivalente a uma cidade norte-americana de pequeno porte. Para a distribuição desta energia são utilizados 750 Km de fios elétricos, metragem essa que representa o suficiente para cobrir a distância de Nova Iorque a Detroit (RUTENBECK, 1990).

A verticalidade implica na total dependência do transporte vertical, no qual grandes injeções de energia são indispensáveis. A circulação vertical inclui o transporte de pessoas, água, resíduos, energia, enfim, todos os insumos necessários para a operação do edifício.

O conceito de construir alto na arquitetura modernista do século 20, está relacionado tradicionalmente a aspectos práticos e econômicos de construções gradualmente mais leves e, consequentemente, espaços fechados e monitorados por sistemas artificiais de climatização.

A dependência dos mecanismos ativos de climatização e iluminação tem levado a elevadas quantidades de consumo energia proveniente das mais variadas fontes primárias, como hidro, gás, óleo e carvão, na busca pela eletricidade. Os sistemas de luz artificial em um país industrializado como os EUA, são responsáveis por aproximadamente 47% de toda a energia elétrica de um edifício de escritórios, além de somar cargas consideráveis ao sistema de arrefecimento (BEEDLE, 1990).

Do ponto de vista dos custos do consumo energético, em geral, um típico edifício alto comercial, tradicional do período Pós-Guerra, com um tempo de vida útil de 50 anos em média, aloca mais de 50% de toda sua energia consumida para o controle artificial dos ambientes, a fim de satisfazer os padrões de conforto térmico e lumínico de seus usuários. Com relação a distribuição desse consumo por usos finais, o seguinte tem sido levantado em pesquisas nos EUA e na Europa (YEANG, 1996): ar-condicionado - 40W/m² - 55%, iluminação artificial - 18 W/m² - 25%, outros serviços (elevadores/ equipamentos) - 20%.

As práticas de manutenção de um edifício alto passam pelos aspectos de consumo energético, tanto na conservação dos equipamentos como motores e bombas, como no aperfeiçoamento dos sistemas de iluminação e ar condicionado. O edifício *Empire State* em Nova Iorque, tem sido submetido a um rígido regime de manutenção, desde sua inauguração em 1932, a fim de manter a qualidade dos espaços, da estrutura e dos sistemas de operação predial. Os especialistas da equipe de manutenção do edifício chegam a afirmar que contanto que haja manutenção, o *Empire State Building* é capaz de durar séculos.

Em contrapartida ao cenário apresentado até o final dos anos 80, estão em propagação na Europa e na Ásia, exemplos de edifícios altos que seguem pressupostos de maior eficiência energética e menor impacto ambiental, como é afirmado na arquitetura de Ken Yeang em suas torres na Malásia, no caso do edifício sede do Commerzbank em Frankfurt, e na proposta da *Millennium Tower* para Londres, os dois últimos do arquiteto inglês de renome internacional Norman Foster.

O Commerzbank em Frankfurt, concluído em 1998, sendo primeiro protótipo do edifício alto “ecologicamente consciente” projetado por Norman Foster, demonstra uma tentativa de diminuir o consumo energético das torres de escritório, apesar do aumento da escala e da complexidade funcional

trazida pela excessiva verticalidade, combinando a tecnologia de ponta na Europa em automação predial com estratégias passivas de climatização e *design* arquitetônico.

Atualmente, mais esforços nessa direção, também começam a ressurgir na arquitetura de edifícios altos norte-americanos a partir dos anos 90. O novo edifício *4 Times Square*, na cidade de Nova Iorque, tem instalado dois sistemas de 200-kilowatt cada de *fuel cells* (célula de combustível), para abastecer a energia necessária para o aquecimento de água, a iluminação das fachadas e energia de emergência (*backup power*). O edifício é aclamado pelos seus empreendedores, a *Durst Organization*, como o “Edifício Verde”. Segundo a *Durst Organization*, o edifício foi projetado, em parte, para ressaltar tecnologias consideradas ecologicamente conscientes (LLOYD, *Scientific American*, julho de 1999).

3. MILLENNIUM TOWER: PROPOSTA DE BAIXO IMPACTO PARA O SÉCULO 21

A cidade de Londres tem mantido sua importância econômica e política por vários períodos contínuos, provavelmente mais longos que qualquer outra cidade no mundo. Esta posição de supremacia tem requerido um constante processo de investimentos na atualização e no crescimento da cidade como tecido edificado. O centro financeiro, o bairro *The City*, caracterizado por ser essencialmente uma área de estabelecimentos financeiros, carrega a função de, constantemente, acrescer valor ao mercado financeiro internacional e as atividades de serviços profissionais.

Na retomada era de competição entre cidades e regiões a partir do início dos anos noventa, a criação de novas imagens arquitetônicas e a aplicação de alta tecnologia têm sido fatores determinantes do projeto dos edifícios destinados a serem os novos símbolos da identidade urbana deste novo século.

No cenário de disputa internacional de poder político e financeiro entre as grandes e emergentes capitais internacionais dos quatro continentes, o edifício alto *Millenium Tower* - a Torre do Milênio para Londres, que foi projetado de Norman Foster para ser o edifício mais alto da Europa, objetivou chamar a atenção internacional para a cidade de Londres neste início de século, como o centro modelo da arquitetura de vanguarda de edifícios altos.

A área de implantação proposta para a torre encontra-se no coração do centro financeiro da cidade, o bairro *The City of London*, onde estão os edifícios mais altos de Londres.

Após uma detalhada avaliação do projeto pelo órgão público responsável pela aprovação de construções na cidade - *Planning Department of the Corporation of London*, seguida de uma revisão das condicionantes econômicas, ambientais e urbanas, a proposta inicial da *Millennium Tower* foi substituída por um edifício consideravelmente mais baixo, de autoria do mesmo arquiteto. Contudo, os princípios e as metas de eficiência energética e baixo impacto ambiental trazidos pelo projeto da *Millennium Tower* são lançadas no debate da verticalidade como lições de arquitetura e tecnologia na busca de novos paradigmas de edifícios altos.

As informações técnicas apresentadas nos ítems que se seguem foram extraídas do estudo do dossiê do projeto da *Millennium Tower* de Londres, submetido à apreciação do órgão público *Planning Department of the Corporation of London*, em 1993.

3.1 Diretrizes e metas projetuais

O programa do projeto foi desenvolvido segundo as necessidades do mercado imobiliário local, bastante carente na área de serviços e escritórios em geral, de acordo com pesquisas realizadas pela empresa de consultoria imobiliária de Londres *Jones Lang Wootton Et BH2*. Desta forma, a proposta da nova torre oferece dois andares de comércio junto ao térreo contendo 3,350 m² cada e a torre propriamente dita com pavimentos de escritório tipo *landscape* de 1860 m², além dos andares residenciais.

Com relação as exigências de ordem ambiental, a avaliação do acesso solar as áreas públicas do entorno da torre foi considerada determinante na concepção volumétrica e na orientação da implantação. A forma curvilínea livre e sutil da planta da torre sugere a existência de duas torres, reduzindo a área dos pavimentos em relação a área do terreno e, consequentemente, reduzindo a massa da torre, resultando em na criação de uma forma bem esbelta para o arranha-céu.

Inicialmente, o projeto teve sua aprovação rejeitada pelo *Planning Department of the Corporation of London*. A razão levantada pelo órgão regulador foi a possível interferência a ser causada pela torre

sobre os sistemas de comunicação de tráfego aéreo e radar da cidade. Os responsáveis pelos projetos de consultoria e engenharia, o escritório *Over Arups and Partners*, afirmaram que a área afetada era mínima, e que as más transmissões já são uma realidade do local, sem considerar a intervenção da Torre do Milênio. Entretanto, a empresa de telecomunicações de Londres, a BBC, realizou uma avaliação técnica para apurar a zona precisa de sombreamento das ondas a ser provocada pela torre.

Essa proposta de torre é claramente o resultado de uma forte inspiração no projeto utópico do *Arranha-céu de Cristal* de Mies van de Rohe, idealizado ainda nos anos 20 do século passado, trazendo muitas semelhanças formais e estruturais, identificadas principalmente no traçado curvo do volume de formas livres e inteiramente envolvida.

A principal característica do enfoque ecologicamente consciente do projeto da Torre do Milênio para Londres está relacionada a sua forma arquitetônica. Testes de túnel de vento feitos por um dos maiores escritórios de consultoria em arquitetura, engenharia e construção do cenário internacional atual, *Over Arups and Partners*, comprovaram que a forma aerodinâmica da torre estimula as correntes de circulação dos ventos a fluir junto à superfície curva da envoltória, ao invés de descer até os níveis mais baixos, o que resultaria em turbulências e desconforto, inevitavelmente.

A forma em “V” da planta baixa, enquanto volta o volume para a orientação oeste, reduz a exposição para as orientações norte e nordeste, trazendo benefícios visuais em direção as melhores perspectivas da cidade e ganhos de radiação solar no inverno.

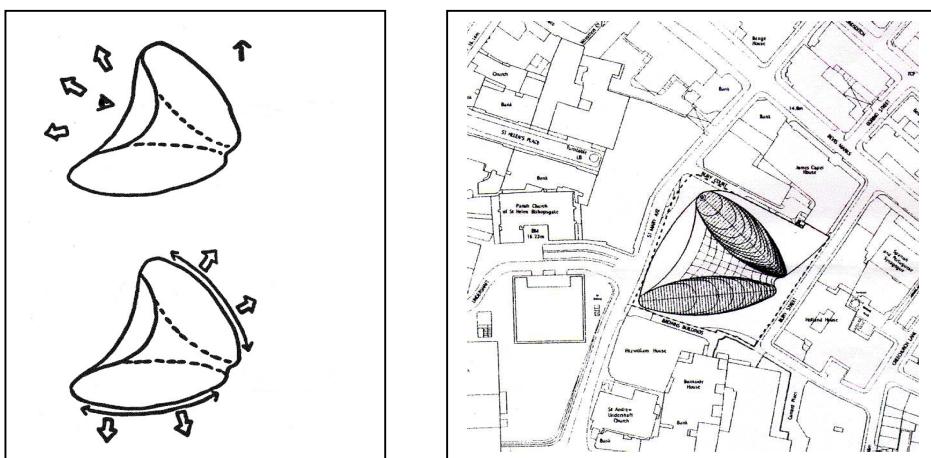


Figura 4 (à esquerda) Croquis esquemáticos ilustrando os princípios de concepção dos pavimentos referentes ao uso de escritórios. Fonte: imagem cedida pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

Figura 5 (à direita) Implantação da torre ocupando toda a quadra, e o seu entorno imediato. Fonte: Imagem cedida pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

Seguindo um programa de uso misto, com comércio, lazer e habitação, a proposta de intervenção acredita na força de catalisadora do empreendimento para buscar a recuperação da área da cidade destinada a sua implantação, sendo esta urbanisticamente densa e bastante deteriorada. O nível térreo é destinado inteiramente aos acessos para os pisos de escritórios e residências.

A opção de envoltória adotada pelo projeto da torre, foi a fachada de vidro triplo com possibilidade de ter a cavidade mais externa ventilada no verão. Essa solução oferece vantagens de desempenho térmico para as condições de clima temperado de Londres, visando a redução do consumo energético destinado a climatização dos espaços interiores. O componente de vedação do edifício é então constituído das seguintes partes do exterior para o interior: um sanduíche hermeticamente selado de vidro duplo, uma cavidade ventilada com micro-persianas e um painel de vidro simples. Nesta composição, os espaços interiores são eficientemente bem protegidos das condições externas de baixa temperatura nos meses de inverno, assim como também do acesso direto da radiação solar nos meses de verão.

Com relação às estratégias gerais de climatização, a fim de minimizar os custos de energia com sistemas de aquecimento e arrefecimento ativos, as estratégias passivas são exploradas ao máximo,

como no uso do ar externo com ventilação natural noturna, e trocas térmicas por meio de fluídos, no caso a água.

3.2 Solução estrutural

Assim como em outros exemplos da história dos edifícios altos, testes de túnel de vento foram desenvolvidos para o projeto preciso da estrutura e a distribuição dos esforços e das pressões, principalmente com relação às forças horizontais exercidas pelos ventos. Nessa proposta estrutural, o edifício alto funciona como uma grande estrutura tensionada suspensa com o seu peso próprio contrabalançando as forças dos esforços provocados pelos ventos.

As forças dos ventos encontram sua primeira resistência no plano da envoltória que transfere os esforços através dos pisos para anéis estruturais fechados compostos de vigas e colunas rigidamente conectadas que agem em conjunto formando tubos perfurados. Os tubos são localizados próximos a periferia da planta, controlando assim as oscilações da torre, chegando a valores comparáveis a referente em edifícios de alturas mais baixas encontradas na cidade. Quanto a sua composição, a estrutura apresenta uma combinação de ferro e concreto, usufruindo das propriedades particulares de cada material para otimizar tanto o desempenho estrutural como a praticidade e racionalização da construção.

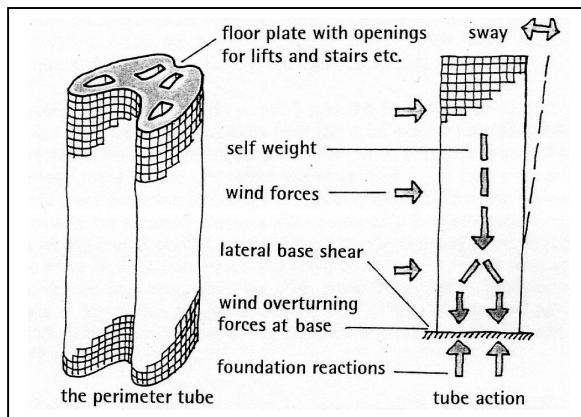


Figura 6 Esquema ilustrativo da estratégia estrutural para solucionar a questão dos esforços das forças dos ventos. Fonte: imagen cedida pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

3.3 Questões referentes ao impacto ambiental

Com relação ao impacto ambiental, estudos sobre a extensão da área de sombreamento da torre foram realizados pelo escritório de engenharia e consultoria de Londres *Roger Preston Et Partners*. De acordo com a avaliação, o sombreamento causado pela proposta da nova torre seria adicional ao sombreamento existente, ou seja, já ocasionado por outros edifícios altos presentes na vicinidade da área de implantação. Em lugares onde o sombreamento já é identificado sobre a vegetação, o sombreamento extra da torre sobre a mesma área e com a mesma duração foi considerado desprezível.

Da mesma maneira, onde o sombreamento adicional trazido pela proposta ocorresse por durações inferiores há quarenta minutos, estes efeitos sobre a vegetação também seriam desprezados. O sombreamento sobre a vegetação só foram considerados relevantes durante as estações de primavera e verão, por serem estes os períodos de maior crescimento da vegetação. A extensão máxima de 400 metros de distância da base da torre foi estipulada como área de influência das sombras com durações maiores que quarenta minutos de fevereiro a outubro.

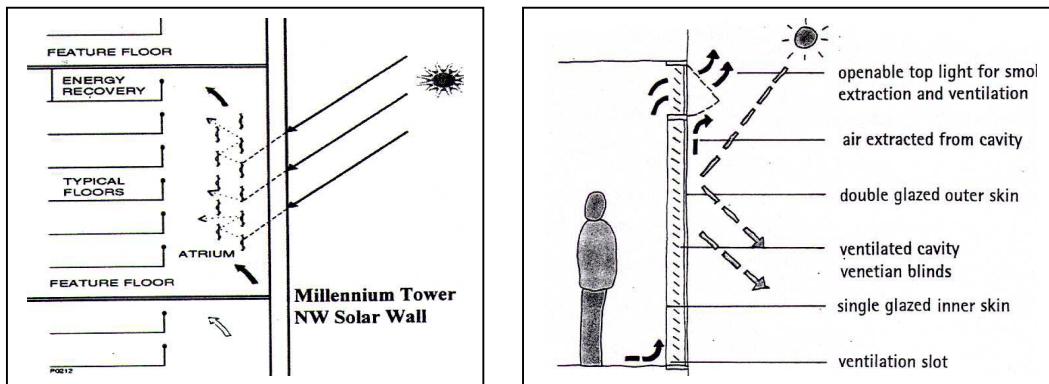
Contudo, dados fornecidos pela própria *Corporation of London* - Corporação de Londres, agência pública responsável pela aprovação do projeto, indicaram que não existem áreas designadas, propostas ou de valor ambiental para serem conservadas. Áreas verdes dentro do entorno imediato são significativamente poucas e raras, principalmente em se tratando de um bairro densamente urbanizado por edifícios altos, em comparação com outras regiões de Londres administradas pela Corporação de Londres. Apenas uma pequena área verde de significante valor ambiental foi identificada dentro da área potencialmente afetada pelo sombreamento da *Millennium Tower*. Nessa mancha de sombra encontra-se o jardim de *Creechurch Place*, localizado a aproximadamente 120 metros da torre, com 10m x 15m de tamanho, o qual estaria sujeito a um sombreamento prejudicial nos meses de verão.

Analizando o impacto ambiental no entorno, um dos tópicos mais polêmicos é sem dúvida a questões dos ventos. Nesse sentido, a aresta sudoeste da torre foi orientada para a direção dos ventos predominantes, apresentando uma forma propositalmente aerodinâmica na interação com as correntes de ventos. O projeto da nova torre foi concebido, inclusive, para que essa fosse parcialmente protegida contra a ação direta dos ventos predominantes, por meio da influência de um edifício já existente nas imediações, o *Commercial Union Tower*. A presença desse edifício alto é vantajosa para o microclima local, na medida em que minimiza o impacto da grande torre na ventilação do entorno.

As correntes de vento vindas das orientações oeste e noroeste rumam para a reentrância côncava da forma curva, onde o podium localizado junto à base age como elemento fundamental de proteção para a via de pedestres contra os possíveis efeitos de turbulências no térreo.

3.4 Estratégias de reaproveitamento dos recursos naturais

A proposta da *Millennium Tower* busca soluções inovadoras para alcançar um protótipo ecologicamente consciente, minimizando o consumo de energia e a emissão de poluição, tanto referente às etapas de construção, como a operação do edifício. Neste intuito, são utilizados desde estratégias passivas de climatização, detalhamentos de execução, como no caso do projeto das fachadas bioclimáticas, e elementos arquitetônicos, como os átrios, até a escolha da mais sofisticada tecnologia de engenharia desenvolvida para edifícios superaltos.



Figuras 7 e 8 Desenhos esquemáticos da combinação das estratégias de climatização para as estações de inverno e verão, respectivamente. Fonte: imagens cedidas pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

Como consequência da aplicação das estratégias ecologicamente conscientes, a proposta de projeto da nova torre tem como meta alcançar as marcas de consumo energético por m² colocadas no gráfico abaixo. Essas metas são apresentadas em uma análise comparativa com demais edifícios na cidade que adotaram diferentes estratégias de climatização.

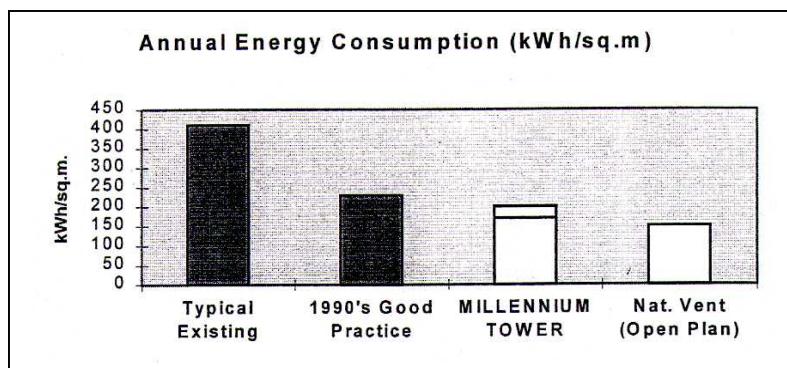


Figura 9 Gráfico comparativo de consumo energético, com a meta estipulada pelo projeto. Fonte: imagem cedida pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

A abordagem da questão energética é expressa pela implantação de um sistema de geração de energia solar, baseado na utilização da tecnologia de células fotovoltaicas feitas de silício, ainda em estágio bastante experimental. Os painéis fotovoltaicos são implantados no lado sul da envoltória, objetivando

gerar energia para a operação automática de elementos sombreadores e para a alimentação da rede pública de energia. Estes painéis, simultaneamente a geração de energia, são incorporados no edifício de forma a fornecer sombreamento para o átrio localizado junto aos últimos pavimentos da torre.

O fato da tecnologia fotovoltaica por meio de células de sílica estar ainda em fase inicial de pesquisa na Europa na ocasião da elaboração do projeto em 1993, não inibiu os autores e consultores responsáveis a apostarem na sua concretização e rápida viabilização de mercado. A ênfase e o esforço colocado sobre o uso de fotovoltaicas na arquitetura contemporânea de Londres (a cidade européia com a maior incidência de dias nublados, o que em termos de rendimento de geração energética, é a maior limitação) destaca a importância global de atitudes empreendedoras em prol de fontes alternativas de geração de energia e preservação ambiental, mesmo a custos altos de investimento e retorno a médio e longo prazo.

Com relação ao aproveitamento de águas, é possível coletar as águas pluviais e as de águas cinzas, em estado relativamente limpo, podendo reutilizá-las para uso em sanitários ou torres de arrefecimento após um sistema de filtragem. Entretanto, com as significativas variações de precipitações pluviais em território inglês, considerando intensidade e freqüência, torna-se difícil coletar volumes suficientes de água para a reutilização, de maneira eficiente. Sendo assim, a coleta e tratamento das águas cinzas representou a alternativa mais viável.

Estudos a respeito da praticidade e da real eficiência do tratamento das águas cinzas não estavam devidamente demonstrados até o momento da apresentação pública da proposta, sendo previstos para as etapas de desenvolvimento do projeto executivo da torre como um todo. Ainda com relação às águas e a energia solar, a proposta apresenta previsão de instalação de coletores solares para fins domésticos, contribuindo para as estratégias de aquecimento passivo das unidades residenciais e da água, também de uso doméstico.

3.5 Considerações finais do projeto

O critério do BREEAM, *Building Research Energy and Environmental Assessment Method*, criado pelo BRE da Inglaterra, *Building Research Energy*, instituiu um padrão de comparação entre edificações, representando em seus vários patamares de classificação o reconhecimento do desempenho ambiental dos edifícios para o Reino Unido, incluindo o impacto no meio externo e a qualidade e o desempenho em relação ao ambiente interno do edifício. O projeto da *Millennium Tower* buscou obter a classificação “very good” do BREEAM, propondo ainda inovações com relação aos próprios critérios de avaliação, na medida em que oferecia uma série de opções alternativas para satisfazer as necessidades dos usuários da torre.

Dos 107 itens avaliados pelo *Planning Department of the Corporation of London* em relação ao impacto da nova torre, os estudos de arquitetura e consultoria de projeto demonstraram que 66 são positivos, ou seja, a torre contribui trazendo vantagens e benefícios, 11 permanecem não alterados, 23 são prejudicados e finalmente, 7 severamente prejudicados.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa verificou que a utilização de tecnologias solares passivas, como forma arquitetônica, controle de insolação, ventilação, iluminação, lay-out, e auto-geração de energia, é possível alcançar grandes alturas sem acréscimos no consumo de total do edifício, compensando as cargas decorrentes da verticalização, com a economia nos sistemas de climatização e iluminação artificial.

Contextualizando o projeto da *Millennium Tower* para centros urbanos de climas mais amenos que o encontrado em Londres, como é o caso das cidades brasileiras, as estimativas de consumo de energia por metro quadrado mostrariam valores ainda mais baixos do que o encontrado na *Millennium Tower*, que é de aproximadamente 12,5 kWh/m²*mês, incluindo os consumos com condicionamento no verão e aquecimento no inverno. No Brasil, os consumos com aquecimento no inverno seriam dispensáveis e os consumos com condicionamento no verão poderiam ser amenizados por estratégias passivas. Desta forma, os valores referentes aos consumos totais para edifícios no Brasil, igualmente altos e similares a *Millennium Tower*, seriam inferiores aos 12,5 kWh/m²*mês.

Apesar da *Millennium Tower* de Londres ter sido internacionalmente aclamada como a torre “verde” ou a torre “ecológica”, tanto sua verticalidade, como seus aspectos estéticos bastante elaborados,

revelam também a força dos propósitos de cumprir com as expectativas primordiais de ordem financeira, política e estética, que agregando valor a proposta e a cidade, são também inerentes ao projeto de uma torre desta dimensão.

Certamente, a concretização deste empreendimento incluiria Londres na categoria das grandes e suntuosas cidades internacionais dos "arranha-céus" do século 21, marcando com distinção a história dos edifícios altos. Porém, com a decisão de substituir a proposta inicial por uma alternativa significativamente mais baixa, as idéias e as lições de arquitetura e tecnologia incorporadas no projeto da *Millennium Tower* continuam com a história do debate sobre as implicações da verticalidade, com o desenvolvimento de estratégias em prol de protótipos de menor impacto ambiental.

Obviamente, a incorporação de alta tecnologia resulta, a princípio, em propostas de projeto mais onerosos. Entretanto, atualmente, com a introdução dos custos trazidos pela degradação ambiental e social dos espaços urbanos, as vantagens de uma arquitetura visionária começam a se destacar tornando-se também economicamente atraentes.

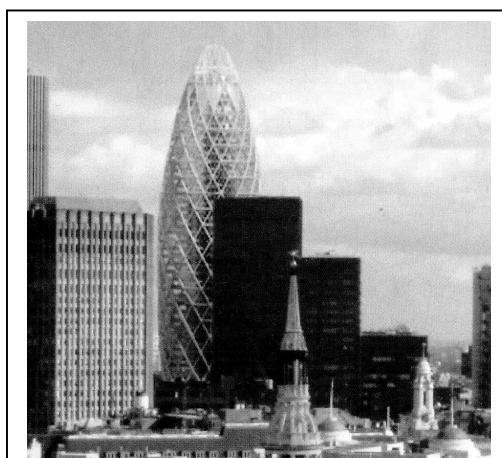


Figura 10 Imagem computacional do última proposta para o projeto *Millennium Tower*, para Londres. Fonte: Imagem cedida pelo *Planning Department of the Corporation of London*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BEEDLE, L. (Ed.). **Tall Buildings – 2000 and Beyond**. Council on Tall Buildings and Urban Habitat. Bethlehem, USA, LeHigh University Publ., 1990.
- COUNCIL ON TALL BUILDINGS AND Urban Habitat. 3rd International Conference on High Technology Buildings. **Proceedings**. São Paulo, oct. 20-21, 1999.
- CROWELY, Rowan. **Commerzbank environmental control**. The Architectural Review. Volume CCII, No. 1205, pp 26 - 39. Londres, Julho de 1997.
- GONÇALVES, Joana Carla Soares. **The Environmental Impact of Tall Buildings in Urban Centres**. Londres: Environmental & Energy Studies Programme, AA Graduate School, 1997. Disertação de mestrado.
- LLOYD, Alan. **The Power Plant in Your Basament**. Scientific American, julho de 1999.
- PLANNING DEPARTMENT OF THE CORPORATION OF LONDON. **Technical report: Millennium Tower**. Londres, 1993.
- PELLI, Cesar, THORNTON, Charles, JOSEPH, Leonard. **Building the Biggest, the world's tallest buildings**. SCIENTIFIC AMERICAN, dezembro de 1997.
- ROMÉRO, Marcelo de Andrade. **Arquitetura, Comportamento e Energia**. Tese de livre-docência. São Paulo: FAUUSP, 1997.
- RUTENBECK, James (ed.). **Skyscrapers**. Boston: WGBH Boston and Channel 4 London, 1990 (formato VHS).
- YEANG, Ken. **The skyscraper bioclimatically considered**. Londres: Academy Editions, Academy Group Ltd, 1996.

