

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
MARCELO TREVISAN**

**FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: A BIOCLIMÁTICA E A EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA NA ARQUITETURA**

**CASCADEL
2019**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO FAG
MARCELO TREVISAN**

**FUNDAMENTOS ARQUITETÔNICOS: A BIOCLIMÁTICA E A EFICIÊNCIA
ENERGÉTICA NA ARQUITETURA**

Trabalho de Conclusão do Curso de
Arquitetura e Urbanismo, do Centro
Universitário Assis Gurgacz, apresentado na
modalidade Teórico-conceitual, como
requisito parcial para a aprovação na
disciplina: Trabalho de Curso: Qualificação.

Professora Orientadora: Msc. Arq. Cassia
Rafaela Brum Souza.

**CASCADEL
2019**

RESUMO

O presente estudo tem por objetivo apresentar o conceito de eficiência energética buscando a integração com a arquitetura bioclimática e seus conceitos, visando um melhor aproveitamento dos recursos naturais para obtenção de conforto para os usuários de edificações, com o menor impacto ambiental possível. Busca compreender se a aplicação das premissas bioclimáticas, utilizadas de acordo com as necessidades de regiões com diferentes climas, podem ser eficientes e suficientes para que haja conforto ambiental. Para melhor compreensão do assunto foram apresentados correlatos de edificações construídas em períodos diferentes da história e com preocupações diferentes. Tais correlatos serão analisados em busca de suas propriedades construtivas, seu desempenho energético e o conforto dos usuários.

PALAVRAS CHAVE: Eficiência Energética. Bioclimática. Sustentável.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	5
METODOLOGIA.....	5
2. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ALIADA À ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	6
2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA	6
2.2 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA	7
2.2.1 Partido Bioclimático	8
2.2.2 Análise do Terreno	9
2.2.3 Clima local.....	9
2.2.4 Análise de Parâmetros dos Usuários e Usos.....	10
2.2.5 Programa de Necessidades	10
2.2.6 Função	10
2.2.7 Forma.....	11
2.2.8 Materiais Construtivos.....	11
2.2.9 Estratégias Bioclimáticas.....	11
2.2.10 Síntese da Primeira Alternativa Projetual.....	12
2.2.11 Energia Alternativa.....	12
2.2.12 Captação de água da chuva.....	12
2.2.13 A Reutilização da Água.....	13
2.2.14 Projeto de Arquitetura Bioclimática	13
2.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO	13
3. CORRELATOS.....	14
3.1.1 O projeto de Lucio Costa.....	15
3.1.2 O projeto de Oscar Niemeyer	18
3.1.3 O projeto em conjunto	19
3.2 O MUSEU DO AMANHÃ – RIO DE JANEIRO	23
3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO	26
4. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS.....	26
5. REFERÊNCIAS:.....	27

1. INTRODUÇÃO

Esta pesquisa está relacionada à etapa de qualificação de trabalho de Curso de Arquitetura e Urbanismo do Centro Universitário Fundação Assis Gurgacz – FAG. Insere-se na linha de pesquisa intitulada “Arquitetura e Urbanismo” e, nesse assunto, tem como tema a Arquitetura Bioclimática e seus contributos para a eficiência energética em edificações. A necessidade de uma arquitetura que pense no conforto dos usuários é cada vez mais importante, mas para obter sucesso este tema deve estar aliado aos conceitos inerentes ao manuseio e gestão do consumo de energia em edificações. O presente estudo justifica-se pela necessidade atual de preservar os recursos naturais, visando satisfação dos usuários em ambientes confortáveis com a aplicação de conceitos bioclimáticos em projetos de arquitetura. Portanto formulou-se seguinte problema de pesquisa: O uso de premissas da Bioclimática contribui para obtenção de eficiência energética em edificações? Tal problema levou a hipótese de que aplicação de premissas da arquitetura Bioclimática proporciona eficiência energética e conforto ambiental aos usuários.

O objetivo geral da pesquisa consiste apresentar métodos e técnicas utilizados para a obtenção de eficiência energética em edificações e como objetivos específicos determinou-se: I) Fundamentar o conceito de eficiência energética e arquitetura bioclimática; II) Pesquisar métodos e técnicas para obtenção de eficiência energética; III) Exemplificar a utilização destes métodos e técnicas na arquitetura através de correlatos; IV) Analisar os dados pesquisados; e V) Concluir em resposta ao problema de pesquisa. O desenvolvimento do trabalho deu-se a partir do seguinte marco teórico:

A eficiência energética na arquitetura pode ser entendida com um atributo inerente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia (LAMBERTS, DUTRA E PERREIRA, 2014, p. 5).

METODOLOGIA

Escolheu-se para o desenvolvimento da pesquisa o método indutivo, que de acordo com Gil (2008), baseia-se na experiência, parte-se de dados particulares e tiram-se conclusões gerais sobre determinado assunto, isto é, parte do específico para o geral. Ainda, segundo Lakatos e Marconi (2003), indução é um processo mental através do qual, partindo-se de dados particulares, suficientemente constatados, averigua-se uma verdade geral ou universal.

2. ARQUITETURA SUSTENTÁVEL: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA ALIADA À ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

Neste capítulo definiremos o conceito da Eficiência Energética e o da Arquitetura Bioclimática, trazendo a luz algumas estratégias eficientes para um bom aproveitamento dos recursos naturais com o menor impacto ambiental, obtendo assim um melhor coeficiente energético em edificações.

2.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

O conceito de eficiência energética define-se por reduzir o consumo de energia fornecendo a mesma qualidade de serviços ou manter o consumo aumentando a qualidade dos serviços energéticos.

De acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a eficiência energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo pertinente à edificação representante de seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos seus usuários com baixo consumo de energia. Portanto fornecendo as mesmas condições ambientais com menor consumo energético determina que uma edificação é mais eficiente energeticamente de que outra.

Vitrúvio¹ define seu triângulo conceitual clássico com os termos *firmitas*², *utilitas*³ y *venustas*⁴, integra eficiência energética nos seus três vértices. *Firmitas* se relaciona a integridade estrutural da arquitetura, se na etapa construtiva forem racionalizadas as soluções estruturais pode-se obter redução do consumo de energia, assim, aumenta sua eficiência energética. *Utilitas* está relacionado à funcionalidade da arquitetura, conceitos de conforto térmico, visual e acústico dos usuários são essenciais para a eficiência energética do ambiente. *Venustas* é sinônimo de beleza, considera que arquitetura deve ter na sua forma e ambientação os elementos, equipamentos e funções relativas à eficiência energética.

O desempenho térmico, visual e energético de uma edificação é determinado nas decisões de projeto que podem incluir a utilização fontes de alternativas de energia, como a eólica, a biomassa e a solar. “O arquiteto deve considerar a adequação do seu projeto ao clima local

¹ Foi um arquiteto romano que viveu no século I a.C. e deixou como legado a obra "*De Architectura*"

² Se refere à estabilidade, ao carácter construtivo da arquitetura.

³ Originalmente se refere à comodidade e ao longo da história foi associada à função e ao utilitarismo.

⁴ Associada à beleza e à apreciação estética.

utilizando diversas estratégias de uso da luz natural, resfriamento e aquecimento passivo dos ambientes” (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.17).

Na contramão, as edificações comerciais e residenciais no Brasil são responsáveis por aproximadamente 48% de todo consumo de energia elétrica no país, a maior parte deste consumo se dá pelo fornecimento de conforto ambiental aos usuários. Segundo estatísticas edifícios já construídos tem o potencial de conservação de até 30%, e em edificações novas chegam até a 50%. “A pluralidade das edificações desperdiça oportunidades de poupar energia e custos, por não considerar a necessidade de sustentabilidade desde o projeto até sua utilização.” (BRAGA, et. Al. Sd. p.44).

2.2 ARQUITETURA BIOCLIMÁTICA

A arquitetura bioclimática constitui-se numa tendência da arquitetura que busca a otimização dos recursos naturais tais como luz solar, ventilação e vegetação, para harmonização das edificações com o meio ambiente a fim de gerar conforto ambiental aumentando a eficiência energética e diminuindo os impactos ambientais. Os projetos devem ser desenvolvidos de segundo as características bioclimáticas de cada local aproveitando melhor o clima e solucionando problemas que poderiam intervir no desempenho energético da edificação. Cada região possui características específicas, podem ser frias, úmidas, secas, costeiras ou montanhosas e necessitam de técnicas diversas para garantir economia e conforto. (ROMERO, 2001),

Na arquitetura bioclimática valoriza-se os sistemas simples ou vernaculares utilizando recursos do próprio local de construção da edificação. A arquitetura bioclimática encontra na arquitetura vernacular princípios que servem como exemplos de soluções adequadas pelo homem às condições do meio ambiente. Também abrange o desenvolvimento de equipamentos e técnicas pertinentes à melhoria da eficiência energética nas edificações. De acordo com Romero (2001), a arquitetura bioclimática é um estágio corrente do movimento climático energético, é um modo de desenho racional que reconhece a persistência do que existe, é culturalmente adequada ao lugar e aos elementos locais, utiliza sua própria concepção arquitetônica como moderadora entre homem e meio.

Em climas frios como em regiões montanhosas, recomenda-se a utilização de materiais isolantes que garantam o conforto térmico, objetivando construções frescas no verão e agradáveis

no inverno. As edificações podem ser revestidas com o objetivo de diminuir a dispersão de calor utilizando matérias de fontes naturais ou reciclados, tais como fibra de papel, lãs de vidro e PET, que inseridas no interno das paredes garantem isolamento térmico e acústico, e por serem de feitos com substâncias atóxicas não prejudicam o meio ambiente. Segundo Frota (2003), “a arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico”. Melhores condições de saúde e vida são obtidas quando o organismo do homem não é submetido à estresse ou fadiga, inclusive térmica. Portanto uma das funções da arquitetura é fornecer condições térmicas adequadas ao conforto térmico humano no interior das edificações, qualquer que sejam as condições do clima externo.

Em contrapartida em climas quentes, a ventilação deve ser utilizada como aliada na diminuição da temperatura, aberturas nas paredes e telhado possibilitam a entrada e saída de ar resfriando rapidamente o ambiente usando a ventilação vertical. A ventilação horizontal facilitada pela passagem de ar por portas e janelas também pode refrescar o ambiente, é uma alternativa que proporciona mais comodidade com o uso de venezianas que possibilitem direcionar a brisa. O profissional de arquitetura deve buscar soluções que diminuam a necessidade do uso de recursos artificiais, (PROJETO DESIGN, EDIÇÃO 277, MARÇO 2003). Também pode ser utilizado o sistema de ventilação seletivo feito através de vegetações como a cerca viva que podem conduzir as correntes de vento. Ainda em regiões quentes, por ter maior incidência solar, o uso de painéis solares fotovoltaicos podem ser opção interessante, promovem o aquecimento de água e convertem a radiação solar em energia elétrica e térmica.

A iluminação natural minimiza o gasto de energia e o uso de lâmpadas, e se adequa a climas frios e quentes. Para Lamberts, Dutra e Pereira (2014), a conformação arquitetônica é influenciadora no conforto ambiental da edificação e no seu consumo energético, já que interfere sobre os fluxos de ar no exterior e interior, e na incidência de luz e calor solar recebidos pelo edifício, além de variável ambiental a luz natural pode ser focada como elemento projetual.

2.2.1 Partido Bioclimático

Os conceitos bioclimáticos devem aparecer já no momento da definição do partido arquitetônico norteando o desenvolver do projeto. Para isso, algumas informações devem obrigatoriamente ser obtidas, como análise do terreno, topografia, análise climática local,

orientação solar, o programa de necessidades e a definição de parâmetros dos usuários (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.261).

2.2.2 Análise do Terreno

Esta etapa incluiu aspectos importantes como a legislação local, as dimensões, a topografia, orientação, a existência de vegetação, água e elementos que possam obstruir as correntes de vento e a luz do sol.

As normas da legislação podem afetar o bom desempenho energético da edificação, os afastamentos, número de pavimentos e outros aspectos. O número máximo de pavimentos não garante obrigatoriamente insolação adequada. Os afastamentos podem produzir sombras não desejáveis.

De acordo com a orientação solar pode-se identificar a melhor distribuição dos ambientes, observando o acesso à luz solar e a ventilação natural ao longo do ano. Elementos de proteção solar também precisam identificar seu uso nesta etapa em função da orientação dos ambientes.

Aproveitar as estratégias bioclimáticas tem relação com a análise e estudos da topografia, barreiras construídas e a existência de vegetação na área, a identificação destes itens revela os elementos locais que podem ser explorados e os que devem ser evitados (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.261).

2.2.3 Clima local

A análise do clima local contribui para a condução adequada do projeto, informando que estratégias são mais convenientes a serem usadas na edificação para que se obtenha eficiência energética em todos os períodos do ano. Saber como e quais estratégias usar é um grande contributo aos projetos que almejam conforto e eficiência energética na edificação (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.262).

2.2.4 Análise de Parâmetros dos Usuários e Usos

Nesta análise se definem padrões de vestimentas prováveis que serão usadas nos ambientes, os hábitos dos usuários, a geometria ideal para os ambientes e os horários de mais uso, entre outros (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.262).

2.2.5 Programa de Necessidades

Para um bom projeto bioclimático todas as informações obtidas nos itens anteriores devem ser observadas, após a obtenção das análises, o arquiteto pode formular o programa de necessidades, deve incluir quaisquer informações se possam contribuir para o seu projeto, como necessidade de sol ou sombra, ventilação e iluminação naturais, isolamento térmico e acústico e o condicionamento artificial. São informações necessárias para a boa tomada de decisões em todas as fases do projeto (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.262).

2.2.6 Função

A consideração de forma e função deve ter a mesma relevância desde o início de um projeto, apesar de um edifício ter sua função determinada por uma forma pré-estabelecida, pode sofrer alterações com a ocupação do ambiente e o consequente preenchimento do espaço, é possível que esta arquitetura funcional torne-se desconfortável e ineficaz no desempenho das funções no interior da edificação. Segundo Hall (1981), para isto ser evitado o arquiteto deve entender além de relações térmicas, visuais e acústicas, as relações “antropométricas e proxêmicas” entre o homem e o espaço.

Um dos vértices do triângulo vitruviano clássico é sua função arquitetônica, atua com a forma e a eficiência energética de uma edificação. Se o mesmo projeto for usado para fins distintos, tais como habitação ou comércio, podem resultar em desempenhos energéticos diversos. A partir disso prova-se que a função arquitetônica é primordial na escolha de qual estratégia bioclimática a ser usada (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.262).

2.2.7 Forma

Define-se pela forma arquitetônica, os fluxos de ar interiores e exteriores, a quantidade e qualidade de luz e calor solar que a edificação irá receber, isso interfere diretamente no conforto ambiental e no consumo de energia, tornando-a mais, ou menos eficiente energeticamente. A luz natural pode e deve ser usada como elemento projetual, além de ser uma variante ambiental (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.263).

2.2.8 Materiais Construtivos

O arquiteto é o especificador dos materiais construtivos a serem utilizados na edificação, e por ter esta responsabilidade deve conhecer as propriedades dos materiais indicados, isso irá contribuir para a melhor escolha visando o melhor conforto térmico. A transmitância térmica dos materiais influencia nas trocas térmicas entre interno e externo, a transmitância visível interfere na quantidade de luz que atravessará o material proporcionando iluminação natural. Para Frota (2003), a arquitetura deve contribuir para minimizar a diferença de temperaturas internas e externas de uma edificação. O uso de materiais locais também deve ser considerado por exigirem menos gasto com logística, os aspectos formais e plásticos dos materiais são qualidades inerentes à arquitetura bem projetada (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.267).

2.2.9 Estratégias Bioclimáticas

O uso de estratégias bioclimáticas integradas, podem ser contraditórias. A ventilação natural pode ser uma solução para o verão, mas pode ser um problema no inverno. A iluminação natural também contribui para a entrada de calor no ambiente o que pode ser indesejável no verão, ainda que possa contribuir para o menor consumo de energia com iluminação artificial, pode demandar maior consumo de energia com refrigeração e ventilação forçadas. Os recursos para o conforto acústico dependem da estanqueidade de seus fechamentos, o que pode ser contraditório à adequada ventilação e iluminação naturais. Para a criação de um projeto, que seja eficiente quanto às necessidades dos ambientes, o arquiteto deve ter conhecimento empírico e

teórico suficientes para usar as estratégias bioclimáticas integradas adequadamente (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.268).

2.2.10 Síntese da Primeira Alternativa Projetual

Fundamental no projeto bioclimático é a compreensão das necessidades ambientais e de conforto, a partir disso o arquiteto deve propor a sua primeira alternativa projetual, a primeira síntese. Analisando a ideia projetual e as condições de desempenho energético e conforto, é possível saber se a atual proposta ou desenvolvimento, poderá resultar em um ambiente confortável e energeticamente eficiente (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.288).

2.2.11 Energia Alternativa

Visando um menor consumo de energia e um ambiente sustentável, devem ser buscadas alternativas como a energia eólica, solar, fotovoltaica e biomassa, entre outras.

A energia solar pode ser útil como fonte de calor pela sua passagem através de aberturas da edificação. Pode aquecer indiretamente pela inércia térmica dos componentes construtivos expostos ao sol. Painéis solares podem aquecer a água para o uso em torneiras, chuveiros e piscinas, e para o aquecimento de ambientes através do uso de radiadores ou serpentinas que fazem circular a água aquecida. Através de painéis fotovoltaicos converte energia solar em energia elétrica, a energia captada durante o dia pode ser armazenada e utilizada com a iluminação artificial durante a noite (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.290).

A energia eólica é também uma boa alternativa à elétrica. A eficiência dos sistemas eólicos é crescente. “É importante conhecer a disponibilidade destes tipos de energias alternativas no Brasil, estes dados podem ser obtidos facilmente através do Atlas de Energia elétrica do Brasil” (ANELL, 2002).

2.2.12 Captação de água da chuva

A captação de água da chuva representa economia do uso dos naturais e é viável em quase todo nosso território. Durante a chuva a água é captada e armazenada e sucessivamente utilizada

para usos como a rega de jardins, descargas sanitárias, higienização de pavimentos, lavagem de veículos e ainda se forem submetidas a sistema de filtragem adequado, pode se tornar potável para o consumo humano (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.290).

2.2.13 A Reutilização da Água

Quando purificada e filtrada adequadamente, a água que já foi usada pode perfeitamente ser reutilizada. São vários os sistemas para sua purificação, o sistema conhecido como “zona de raízes” é um dos mais sustentáveis (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.291).

2.2.14 Projeto de Arquitetura Bioclimática

Os conceitos vistos neste capítulo são referências e devem ser aplicados qualitativamente no projeto de arquitetura bioclimática.

São mais fáceis de aplicação em pequenas edificações ou de função residencial, onde são menores as variáveis possibilitando uma melhor exploração de condicionamento e iluminação naturais.

Pelas dimensões e exigências do setor comercial e público, é muito maior a complexidade, os sistemas de condicionamento, iluminação e conforto, quase sempre são sistemas artificiais devido à maior demanda de energia. Portanto, a utilização de equipamentos mais eficientes integrados com sistemas naturais é de extrema importância nestes setores (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 2014, p.291).

2.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

Através dos elementos acima apresentados, podemos concluir que é fundamental o uso de premissas da bioclimática para obtenção de eficiência energética em edificações, e que suas diretrizes e estratégias podem ser facilmente aplicadas. A utilização de energia alternativa, a captação da água da chuva, a análise projetual correta e o uso de equipamentos de alto desempenho energético, podem e devem ser aliados às premissas da bioclimática.

3. CORRELATOS

Neste capítulo falaremos sobre dois correlatos de arquitetura para que posteriormente, se faça um comparativo entre eles revelando suas preocupações com eficiência energética e sustentabilidade. O primeiro, se trata do Pavilhão do Brasil na Feira de Nova York em 1939, concebido através dos projetos de dois grandes arquitetos, Lucio Costa⁵ e Oscar Niemeyer⁶. O segundo é o Museu do Amanhã, concebido pelo arquiteto espanhol Santiago Calatrava e inaugurado em 2015 no Rio de Janeiro.

3.1 PAVILHÃO BRASILEIRO NA FEIRA DE NOVA YORK 1939

Os projetos de Lucio Costa e Oscar Niemeyer foram os vencedores do concurso promovido pelo Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio em 1937 junto ao Instituto de Arquitetos do Brasil. Lançado o concurso os projetos foram julgados por Rubens Porto, arquiteto do Ministério do Trabalho, o presidente da comissão Dr. João Carlos Vital e também por Nestor Figueredo, Ângelo Brunhs e Eduardo Souza Aguiar, arquitetos do IAB⁷. O júri considerou que apesar dos esforços dos arquitetos nenhum dos projetos havia conciliado todas as exigências solicitadas, então o primeiro prêmio foi para Lucio Costa que em seu projeto valoriza o “espírito de brasilidade” e o segundo prêmio foi para Oscar Niemeyer que valorizou as condições técnicas essenciais para o edifício.

"Passando a fixar o seu critério de julgamento quanto ao modo de interpretar a nacionalidade da arquitetura, resolveu o júri que a questão não se devia prender ao detalhe dos elementos arquitetônicos, fossem tradicionais ou indígenas, mas se devia ater a uma forma arquitetônica capaz de traduzir a expressão do ambiente brasileiro; e mais, que essa forma fosse de preferência atualista, tendo em vista que a Feira Mundial de New York tem, por princípio, estabelecer uma visão do 'Mundo do Amanhã'"⁸ (ARQUITETURA E URBANISMO, 1938. p.99).

⁵ Lúcio Marçal Ferreira Ribeiro de Lima Costa foi um famoso arquiteto, urbanista e professor brasileiro nascido na França. É conhecido internacionalmente por ter projetado, junto com Oscar Niemeyer, a capital Brasília.

⁶ Oscar Ribeiro de Almeida Niemeyer Soares Filho foi um arquiteto brasileiro, considerado uma das figuras-chave no desenvolvimento da arquitetura moderna.

⁷ O Instituto de Arquitetos do Brasil é entidade de livre associação de arquitetos e urbanistas brasileiros.

⁸ Trecho do "Termo de julgamento do concurso de anteprojetos para o pavilhão brasileiro na feira de New York" Arquitetura e Urbanismo, 1938. p.99.

3.1.1 O projeto de Lucio Costa

O projeto de Lucio Costa é simétrico bilateralmente e possui três elementos axialmente alinhados, um auditório em forma de trapézio, um pórtico triangular, e o pavilhão de projeção retangular. O pórtico avança sobre a avenida, o lado díspar da laje inclinada de sua cobertura apoia-se no pavilhão, seu vértice mais alto avança até um pilar que se prolonga como mastro de bandeira. O pórtico leva a um grande *hall*⁹ de pé direito duplo conectado com o pátio e com as maiores alas da galeria de exposições. Esta, por sua vez, apoia-se sobre pilotis e configura-se em forma de “U” com balanços nas alas maiores. O circuito de entrada e saída das exposições é organizado por meio de escadas na ponta de cada ala. O auditório se sobrepõe ao centro da travessa do “U” ladeado por rampas e corredores de ingresso e saída assimétricas com maior aproveitamento dos fundos do terreno. Abaixo do vão central da travessa do “U” e do auditório fica o restaurante independente que se encontra com o pátio aberto da galeria. À frente, portas de vidro da entrada ladeiam dois quebra-sol fixos com grandes alvéolos. Na lateral as paredes verticais do *hall* e do auditório ladeiam a galeria sobre pilotis. Aos fundos se ergue o auditório entre os dois cantos da galeria. Um grande espelho d’água domina o pátio central. A justaposição parcial das fachadas laterais sede espaço à verticalidade, o recuo das lajes resulta em colunas colossais. Apesar das grandes aberturas propostas para o ingresso de visitantes no pavimento térreo a vista da entrada principal para o jardim era impedida pela proposta de um grande painel que tinha estampado em vidro o nome “Brasil” e fechamento em forma de brises¹⁰ horizontais. (CARLOS EDUARDO COMAS, 1999)

⁹ Salão ou vestíbulo espaçoso em prédios particulares ou públicos; saguão.

¹⁰ Do francês *brise-soleil*. Quebra-sol composto de peças de madeira, concreto, plástico ou metal. Instalado vertical ou horizontalmente.

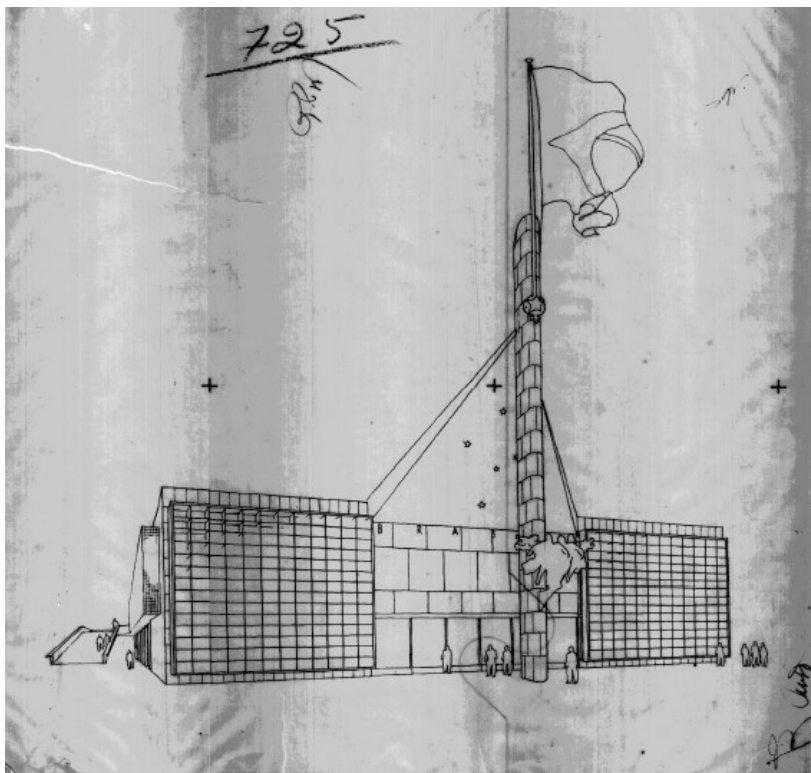


Figura 1 - Fachada Sul (acesso principal) – projeto de Lucio Costa – 1º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital N° 1011817/CA p. 99

Na figura acima a fachada principal proposta no projeto de Lucio Costa.

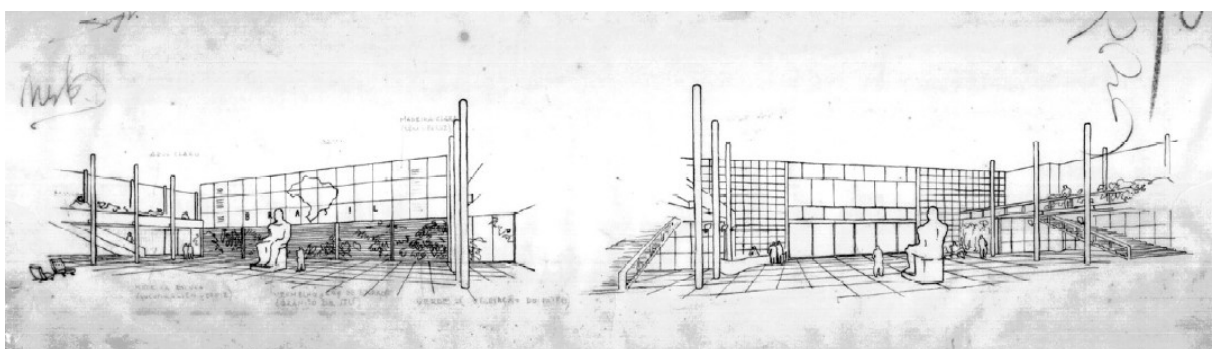


Figura 2 – Vistas internas – projeto de Lucio Costa – 1º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital N° 1011817/CA p. 98

Nesta figura pode-se observar o grande painel que bloqueia a vista da entrada principal para o jardim.

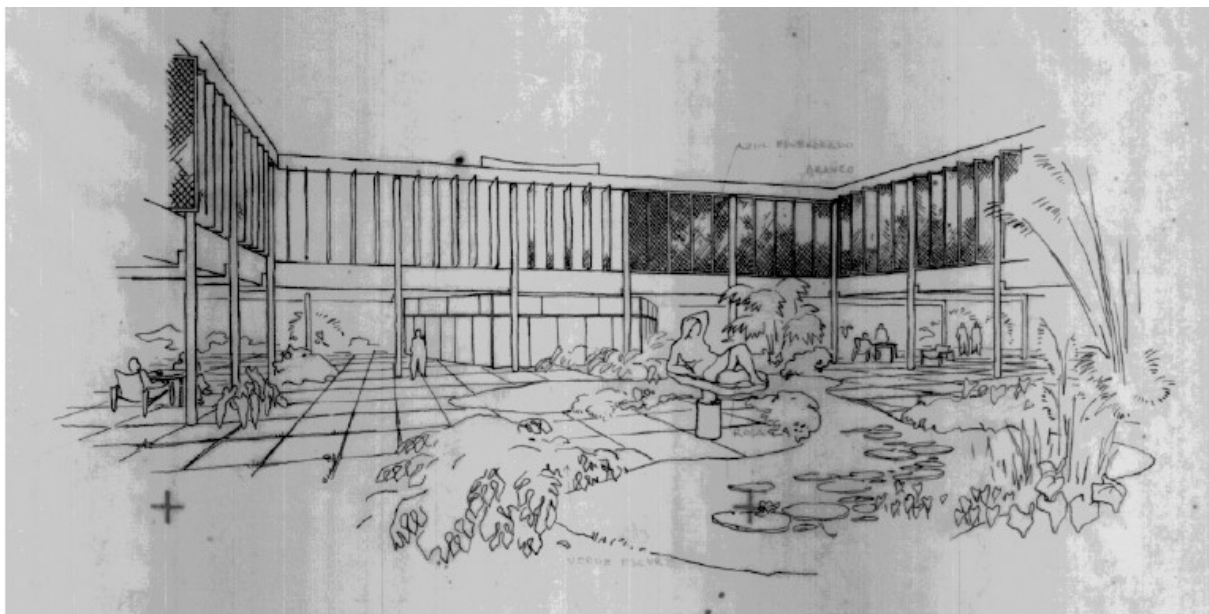


Figura 3 – Vista interna – projeto de Lucio Costa – 1º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital Nº 1011817/CA p. 98

Patio central contemplado com a vegetação tropical e esculturas da exposição, além do grande espelho d'água. No andar superior pode-se notar os brises para o controle da entrada de raios solares.



Figura 4 - Plantas baixas - projeto de Lucio Costa – 1º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital Nº 1011817/CA p. 97

Representa-se nas plantas baixas a distribuição simétrica com grande *hall* de entrada que divide o público para os dois lados, criando corredores logotornando a visita cansativa segundo a avaliação do júri do concurso. À esquerda foi projetado um corredor aberto com vista para a rua, proporcionando permeabilidade na circulação dos visitantes. A visita ao jardim é possível através da passagem por esse pavimento até o pátio interno onde se localiza a área de lazer constituída por um lago sinuoso, jardim com plantas tropicais e de esculturas em pátio contornado por pilotis e fachadas constituídas por *brise-soleils*.

3.1.2 O projeto de Oscar Niemeyer

O projeto de Oscar Niemeyer usa o partido em “L” criando pátio interno aberto, o pórtico retangular em duplo pé direito e envidraçado, é ladeado por dois volumes. No alinhamento da rua esta o maior volume que abriga a galeria de exposições, composto pelo térreo, mezanino e cobertura ao longo do passeio, delimitado por coluna de altura dupla. O volume do lado oposto abriga o núcleo de serviços sobre o balcão de informações. Sua passarela se une ao piso superior e revela o balcão do mezanino fortalecendo a simetria do pórtico, é ligada a rampas ao longo do pátio e conecta dois volumes soltos alinhados com o setor de serviços. A fachada interna do pavilhão composta por painéis de vidro é o grande diferencial e mais tarde foi usado no projeto definitivo (CARLOS EDUARDO COMAS, 1999).

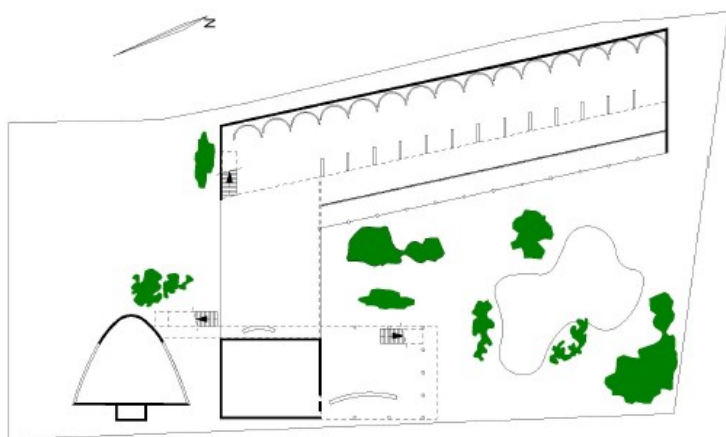


Figura 6 - Planta baixa térreo - projeto de Oscar Niemeyer – 2º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital Nº 1011817/CA p. 102

Na planta baixa da figura 6 pode-se observar os principais volumes que constituem o projeto proposto por Oscar Niemeyer.

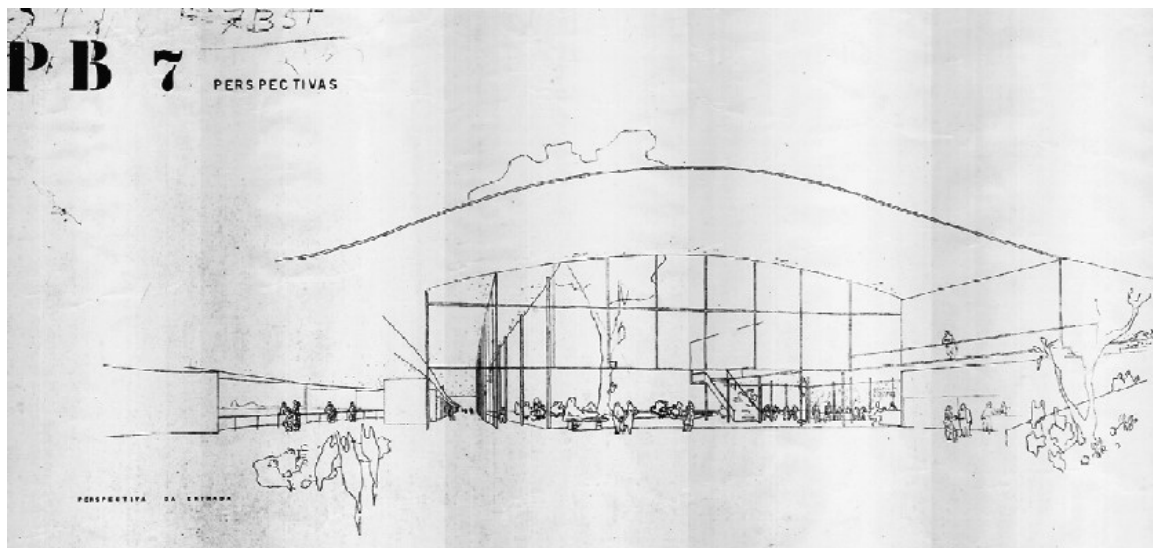


Figura 7 – Fachada do acesso principal - projeto de Oscar Niemeyer – 2º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital N° 1011817/CA p. 101

Na fachada principal a grande cobertura curva emoldura o acesso envidraçado.

3.1.3 O projeto em conjunto

O projeto em conjunto adotou o partido em “L” proposto no projeto de Oscar Niemeyer, porém modificado pela permeabilidade e pela oposição entre verticalidade e horizontalidade da proposta de Lucio Costa. A integração dos projetos proporcionou um pavilhão sedimentado sobre pilotis composto por uma sinuosa e longa ala e outra reta, mais curta e larga. O pátio ajardinado entre as duas alas é percebido após a passagem do grande largo de entrada. A laje intermediária que define as alas tem balanço de dois metros a oeste e de trinta centímetros nos lados sul e norte, então recua do lado leste em relação à colunata do entorno restabelecendo a ordem colossal de Lucio Costa. Com aproximadamente setenta metros de comprimento, a ala mais longa possui quatorze naves obliquas espaçadas igualmente, e duas naves longitudinais com larguras diferentes. A ala de planta trapezoidal incorpora cinco naves obliquas da ala mais longa. A galeria principal localiza-se no andar superior na ala mais longa, com fachada para a rua e envidraçada para os outros lados, possui mezanino de contornos curvilíneos. O auditório em cunha é

posicionado sobre o terraço em formato trapezoidal fechado por empena cega na divisa. O espaço vago entre a galeria de exposições e o auditório se transforma em pórtico através do alargamento da laje de cobertura entre a empena e a galeria. Este alargamento resguarda as entradas do auditório e da galeria e contemporaneamente cria um plano vertical frente à avenida, delimitado pelos vértices verticais das paredes cegas e pelas bordas horizontais das duas lajes. No andar térreo abaixo da ala mais longa localiza-se o restaurante com dois setores, é um volume que avança a oeste na extremidade do balanço ocultando a colonata atrás da parede cega cuja intenção é de simples vedação, se evidencia pela fita de altas janelas que a destaca da laje. (CARLOS EDUARDO COMAS, 1999)



Figura 8 – Plantas baixas de Lucio Costa e de Oscar Niemeyer – 1º e 2º prêmio no concurso para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. E planta baixa do projeto final em conjunto. Fonte: PUC Rio – Certificação digital Nº 1011817/CA p. 117

A figura acima mostra as propostas das plantas baixas de Lucio Costa e Oscar Niemeyer, e o projeto definitivo unindo conceitos das duas propostas iniciais.

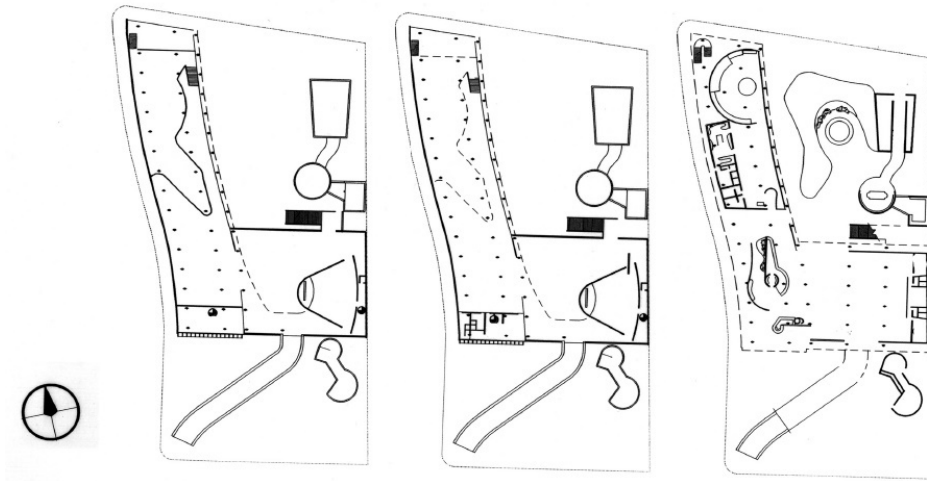


Figura 9 – Plantas baixas - projeto em conjunto de Lucio Costa e Oscar Niemeyer para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: COMAS, 2010, p.16

Nesta figura as plantas baixas definitivas mostram toda competência e criatividade dos dois grandes arquitetos, que com seus talentos compartilhados chegaram a um resultado que melhor satisfaz as premissas do concurso para o pavilhão.

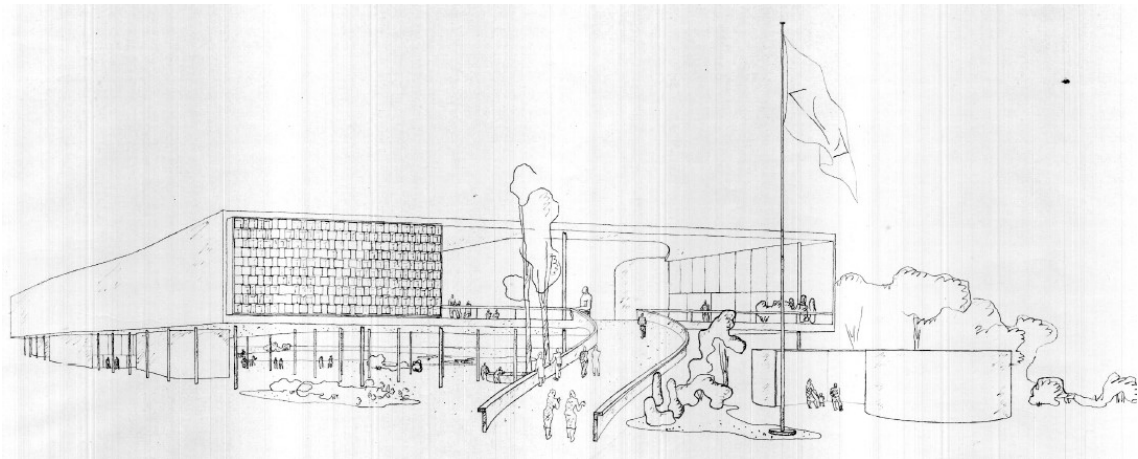


Figura 10 – Fachada do acesso principal - projeto em conjunto de Lucio Costa e Oscar Niemeyer para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: PUC Rio – Certificação digital Nº 1011817/CA p. 107

A Fachada do acesso principal convida a visitação trazendo uma rampa de acesso sinuosa levando ao primeiro pavimento. Mostra também o apoio do edifício sobre pilotis. É guarnecida pela bandeira do Brasil.

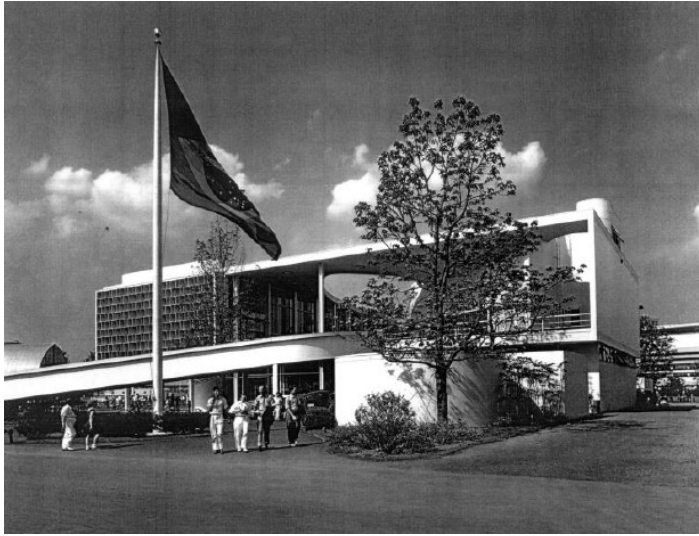


Figura 11 – Fachada do acesso principal - projeto em conjunto de Lucio Costa e Oscar Niemeyer para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: COMAS, 2010, p.56

A figura 11, mostra uma foto do projeto executado evidenciando o acesso principal.



Figura 12 – Pátio interno e Lago - projeto em conjunto de Lucio Costa e Oscar Niemeyer para o Pavilhão do Brasil na Exposição Internacional de 1939. Fonte: COMAS, 2010, p.81

O pátio interno com o espelho d'água sinuoso e vegetação tropical antecipam a fachada interna envidraçada.

3.2 O MUSEU DO AMANHÃ – RIO DE JANEIRO

Concebido pelo arquiteto espanhol Santiago Calatrava¹¹, um dos mais importantes arquitetos da atualidade, O Museu do Amanhã possui quinze mil metros quadrados de área construída divididos em dois andares conectados por rampas, possui ambiente externo com trinta mil metros quadrados de áreas de lazer, jardins, espelho d'água e ciclovia. Seu programa possui cinco grandes áreas estruturadas para o atendimento da exposição principal – Cosmo¹², Terra, Antropoceno¹³, agora e amanhã¹⁴. Além dessas áreas, possui laboratório, um observatório e serviços para os visitantes (IAB.ORG.BR).

Sua estrutura se assemelha a um casco de navio ao contrário e sua fachada muda de cor conforme a hora do dia. Sua cobertura possui estruturas móveis que acompanham a movimentação solar para proporcionar maior incidência de iluminação natural e captação de energia solar através de painéis fotovoltaicos. Com inspiração nas bromélias do Jardim Botânico, sua forma longilínea foi pensada para que se integrasse à paisagem circunstante com especial atenção à visibilidade ao Mosteiro de São Bento, importante conjunto barroco do país. A forma fluida do edifício, não é resultado de simples comparação ou ideia arquitetônica, segundo Calatrava, “É o resultado de um diálogo muito consistente para que o edifício se alie a intenção de ser um museu para o futuro, como uma unidade educativa” (MUSEUDOAMANH.A.ORG.BR)

Sua arquitetura e suas diretrizes sustentáveis, acabam por se integrar como parte do conteúdo do Museu do Amanhã, propondo temas como a regeneração da Baía de Guanabara, utilização de energia solar, a relação com a paisagem da cidade e novas formas de arquitetura moderna. Para Calatrava, “O edifício é como um organismo e se relaciona diretamente com a paisagem”.

¹¹ Santiago Pevsner Calatrava Valls é um arquiteto e engenheiro espanhol cujo trabalho tem se tornado bastante popular nas últimas décadas.

¹² O cosmos é o início de tudo. É também a porta de entrada para a jornada proposta pelo Museu do Amanhã. Nesse espaço, o público vai vivenciar uma experiência sensorial, que parte do vazio, passa pelo aparecimento da matéria, do espaço e do tempo e chega ao surgimento do homem e do pensamento.

¹³ É um termo formulado por Paul Crutzen, Prêmio Nobel de Química de 1995. O prefixo grego “antropo” significa humano; e o sufixo “ceno” denota as eras geológicas. Este é, portanto, o momento em que nos encontramos hoje: a Época dos Humanos.

¹⁴ Amanhã surge como um entrelaçamento de cinco tendências: mudanças no clima; aumento da população e longevidade; integração e diversificação crescente de pessoas, povos e regiões; crescimento do número, variedade e capacidade dos artefatos; diminuição da biodiversidade.

Seus jardins se transformam em um novo parque da cidade, com a intenção de destacar as particularidades da zona costeira do Rio de Janeiro, facilitar a adaptação da flora, atrair a fauna e reafirmar o conceito didático dos jardins, foram utilizadas espécies nativas e da restinga, com o paisagismo proposto pelo escritório Burle Max. Espécies como pau-brasil, ipês roxo e amarelo, quaresmeira e pitangueira, dentre outras, estão distribuídas por uma área de cinco mil e quinhentos metros quadrados (MUSEUDOAMANH.A.ORG.BR).

Sua cobertura metálica progride em grandes balanços, setenta metros pairam sobre a praça e outros sessenta e cinco metros sobre o espelho d'água em direção à Baía de Guanabara. A principal matéria prima utilizada foi o concreto, e para dar formas fluidas a este material foi necessária a importação de equipamentos avançados da construção civil (IAB.ORG.BR).

As diretrizes de sustentabilidade são pauta do Museu do Amanhã. Entre as intervenções arquitetônicas estão o uso das águas da Baía de Guanabara no sistema de condicionamento de ar do edifício e a captação de energia solar por meio de painéis fotovoltaicos que podem ser ajustados para otimizar o ângulo dos raios solares durante o dia, instalados estrategicamente na sua cobertura. O condicionamento utiliza a troca de calor entre a água do mar e a água condensada que circula pelos refrigeradores e depois de utilizada no sistema de climatização a água retorna à baía em forma de cascata nos fundos do edifício (ARCHDAILY).



Figura 13 – Museu do amanhã – Fonte: ARCHDAILY

Na figura cima, toda a imponência da forma longilínea do museu e o balaço de setenta metros pairando sobre a praça.



Figura 14 – Museu do amanhã – Fonte: ARCHDAILY

Desta posição observa-se o balanço de sessenta e cinco metros sobre o espelho d'água.



Figura 15 – Museu do amanhã – Fonte: ARCHDAILY

Sua forma um tanto peculiar se destaca e se integra ao conjunto arquitetônico local.

3.3 SÍNTESE DO CAPÍTULO

As demonstrações de arquitetura citadas no capítulo, foram realizados em períodos diferentes da história, seus programas de necessidades compartilham das mesmas premissas. No entanto, a arquitetura dos anos 40 do Pavilhão, apresentava apenas recursos de controle de luminosidade e ventilação, não havendo ainda naquele período a preocupação com a sustentabilidade. Já na concepção do Museu do Amanhã, foram usados recursos sustentáveis e tecnológicos, seus jardins e entorno são uma aula de sustentabilidade.

4. CONSIDERAÇÕES PARCIAIS

Na busca pelo conhecimento foram elencados conceitos, premissas e diretrizes capazes de melhorar o conforto ambiental em edificações utilizando-se de estratégias bioclimáticas e tecnologias para obtenção de um bom coeficiente energético sem agredir a natureza.

A partir de tais conceitos, podemos concluir que é fundamental o uso de premissas da bioclimática para obtenção de eficiência energética em edificações, e que suas diretrizes e estratégias podem ser facilmente aplicadas. A utilização de energia alternativa, a captação da água da chuva, a análise projetual correta e o uso de equipamentos de alto desempenho energético, podem e devem ser aliados às premissas da bioclimática.

As obras arquitetônicas apresentadas são de períodos diferentes e com preocupações diferentes, seus programas de necessidades compartilham das mesmas premissas. Contudo, a arquitetura dos anos 40 do Pavilhão, apresentava apenas recursos de controle de luminosidade e ventilação, não havendo ainda naquele período a preocupação com a sustentabilidade. Já na concepção do Museu do Amanhã, foram usados recursos sustentáveis e tecnológicos, seus jardins e entorno são uma aula de sustentabilidade.

Conclui-se parcialmente que o desempenho energético de uma edificação é o conjunto de ações que se iniciam antes mesmo do canteiro de obras, ocorre na concepção dos projetos, e é de extrema importância a utilização de estratégias bioclimáticas reduzindo assim o consumo energético desde o início das propostas, até o edifício propriamente dito em uso final.

5. REFERÊNCIAS:

ANEEL (2002). Atlas de energia elétrica no Brasil. Brasília

COMAS, Carlos Eduardo. Arquitetura Moderna, estilo Corbu, Pavilhão Brasileiro. AU 26. São Paulo, 1989.

COMAS, Carlos Eduardo. Feira Mundial de Nova de York de 1939: O Pavilhão Brasileiro. Arqtexto (UFRGS), Porto Alegre, v. 16, 2010.

CORREIA GUEDES, “Arquitectura Bioclimática”, Revista Ambiente 21, 9:21-22, ed. Loja da Imagem, M. 2003

FROTA, Anésia e SCHIFFER, Sueli. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo — 5. ed. — São Paulo: Studio Nobel, 2001.

FROTA, Anésia Barros. Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo/ Anésia Barros Frota, Sueli Ramos Shiffer. 6.ed. São Paulo: Studio Nobel, 2003.

GILL, Antônio Carlos. Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HALL, E. T. (1981). A dimensão oculta. Livraria Francisco Alves Editora S.A., Rio de Janeiro, RJ.

INFOESCOLA, disponível em: <<https://www.infoescola.com/arquitetura/arquitetura-bioclimatica/>> ACESSO EM 25/08/2019

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, O.R. Eficiência Energética na Arquitetura 3ª edição, Eletrobrás/Procel 2014.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. Fundamentos de Metodologia Científica. 5. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2003.

MUSEU DO AMANHÃ. Disponível em: <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2017-03/museu-do-amanha-ganha-na-franca-o-premio-de-construcao-verde-mais>> acesso em 29/09/2019

MUSEU DO AMANHÃ. Disponível em: <<https://museudoamanha.org.br/pt-br/content/sustentabilidade-pilar-do-museu>> acesso em 03/10/2019

MUSEU DO AMANHÃ. Disponível em: <<https://museudoamanha.org.br/pt-br/content/arquitetura-de-santiago-calatrava>> acesso em 03/10/2019

Originais e redesenhos em análise: as versões não construídas de Lucio Costa e Oscar Niemeyer do Pavilhão de Nova Iorque – Disponível em <<http://www.usjt.br/arq.urb/numero-09/06-anna-paula-canez.pdf>> acesso em 28/09/2019

PAVILHAO DO BRASIL - ICONOGRAFIA Disponível em:
<http://objdigital.bn.br/objdigital2/acervo_digital/div_iconografia/icon1493450/icon1493450.pdf> acesso em 27/09/2019

PROJETEEE, disponível em:<<http://projeteee.mma.gov.br/estrategias-bioclimaticas/>> ACESSO EM 25/08/2019

PUC Rio – Certificação digital Nº 1011817/CA

REVISTA ARCHDAILY. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/785756/museu-do-amanha-santiago-calatrava>> acesso em 03/10/2019

REVISTA ARCOWEB, disponível em:
<<https://www.arcoweb.com.br/projetodesign/revista/73/edicao/277>> acesso em 23/08/2019

REVISTA ARCHDAILY. Disponível em: <<https://www.archdaily.com.br/br/785756/museu-do-amanha-santiago-calatrava/570d81dbe58ece87b3000056-museum-of-tomorrow-santiago-calatrava-photo>> acesso em 03/10/2019

ROMERO, Marta Adriana Bustos. Arquitetura bioclimática do espaço público. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001.