

CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS: ESTUDO DE CASO MUSEU DO AMANHÃ

M.Sc Natália de Sá Bragança⁽¹⁾

Mestranda no Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ. Bacharel em Engenharia de Recursos Hídricos e do Meio Ambiente pela UFF.

D.Sc Gisele Blak Bernat

Doutoranda no Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ.

M.Sc Rafaela de Paiva Mendonça

Mestranda no Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ.

M.Sc Patricia Oliveira da Costa

Mestranda no Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Rua Comandante Tarque Horta Barosa, 91 - Mutuaguaçu - São Gonçalo - Rio de Janeiro - CEP: 24440-370 - Brasil - Tel: +55 (21) 989310001 - e-mail: natalia.braganca@poli.ufrj.br.

RESUMO

O artigo cita as alternativas de sustentabilidade adotadas no Museu do Amanhã que propõe em seu formato e no projeto a preocupação com o futuro. Os principais destaques são a captação de água da chuva, o aproveitamento da água da Baía de Guanabara na refrigeração da edificação, o reuso de água, e geração de energia a partir de painéis fotovoltaicos móveis na cobertura. O cuidado permanente durante as obras garantiu a Certificação LEED Gold, permitindo que as medidas sustentáveis adotadas fossem positivas não só para o meio ambiente, mas também para a comunidade ao redor, já que as atividades seguiram rigorosas metas que incluíram uso de materiais atóxicos e biodegradáveis no seu interior, organização e limpeza durante os processos, elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, uso de materiais regionais e com certificação que indicam o manejo florestal adequado. A partir dos projetos implementados e das execuções previstas à estrutura do Museu, objetiva-se com esse trabalho que haja início de certa padronização relativa às demais construções que venham a ser instaladas no Rio de Janeiro, com intuito de garantir maior eficiência energética acompanhada de considerável redução do consumo de água das operações e consequente ganho em custos operacionais.

PALAVRAS-CHAVE: Construções Sustentáveis, Gerenciamento de Águas, Eficiência Energética

INTRODUÇÃO

O Museu do Amanhã (MDA), localizado no Pier Mauá, região portuária da cidade do Rio de Janeiro, ocupa uma área de 30 mil m², incluindo a ciclovia, área de lazer e os espelhos d'água. O projeto arquitetônico é assinado pelo arquiteto espanhol Santiago Pevsner Calatrava Valls, conhecido por atribuir status às cidades onde há obras de autoria dele, como na *Lakeland, Florida Polytechnic University*, nos Estados Unidos da América.

A proposta do museu é propor um “ambiente de ideias, explorações e perguntas sobre a época de grandes mudanças em que vivemos e os diferentes caminhos que se abrem para o futuro. O Amanhã não é uma data no calendário, não é um lugar aonde vamos chegar. É uma construção da qual participamos todos, como pessoas, cidadãos, membros da espécie humana” [1]. Portanto, o Museu do Amanhã é um espaço diferenciado com o objetivo de transformar a paisagem, trazendo para os visitantes uma integração com a cidade, com o novo e como o nome sugere, traz como uma ideia de construção do futuro.

O Museu foi concebido através de parcerias entre Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro e outras entidades, como a Fundação Roberto Marinho (FRM), o banco espanhol Santander, o BG Brasil, da Secretaria Estadual do Ambiente e a Financiadora de Estudos e Projetos (Finep), do governo federal. O Consórcio Porto Novo

formado pelas empresas Odebrecht Infraestrutura (líder EPC), OAS e Carioca foi responsável pela execução do projeto do museu, que foi inaugurado no dia 17 de dezembro de 2015.

A edificação se insere na proposta o que integra a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio, instituída pela Lei Complementar nº 101, de 2009. Esta Lei propõe a modificação do Plano Diretor, autoriza o Poder Executivo a instituir a Operação Urbana Consorciada da Região do Porto do Rio e dá outras providências. Em seu art. 2, essa lei estabelece que a “Operação Urbana Consorciada tem por finalidade promover a reestruturação urbana da AEIU, por meio da ampliação, articulação e requalificação dos espaços livres de uso público da região do Porto, visando à melhoria da qualidade de vida de seus atuais e futuros moradores, e à sustentabilidade ambiental e socioeconômica da região.” [2]. O A AEIU - Área de Especial Interesse Urbanístico - é compreendida pela delimitação no mapa da figura 1, onde o museu está destacado.

Conforme a Lei Complementar 101,2009 informa, é necessário que a reestruturação da área do porto seja baseada na sustentabilidade ambiental e socioeconômica e, portanto, todos os projetos da região devem ser executados para implementar melhorias das condições ambientais através da ampliação das áreas verdes, da arborização, da capacidade de absorção e escoamento das águas pluviais e da priorização do sistema de transportes com uso de energias limpas. Continuando nessa mesma esfera ambiental, propõe ainda “limitar o desperdício energético e de água, estimular o uso de energias limpas (solar, eólica ou célula combustível) e promover o aproveitamento das condições naturais de iluminação e ventilação, telhados verdes ou reflexivos de calor, o reaproveitamento de águas pluviais e servidas, a utilização preferencial de insumos ambientalmente certificados; visando a sustentabilidade ambiental e a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEEs).” [2].

Além disso, o MDA faz parte de um conjunto de medidas adotadas almejando a melhoria da mobilidade urbana da cidade. No âmbito socioeconômico, a instituição se transformou em um marco do turismo brasileiro e carioca, sendo um cartão postal da cidade e rota turística requisitada, similar a outros tradicionais pontos turísticos da cidade como o Pão de Açúcar e o Cristo Redentor.

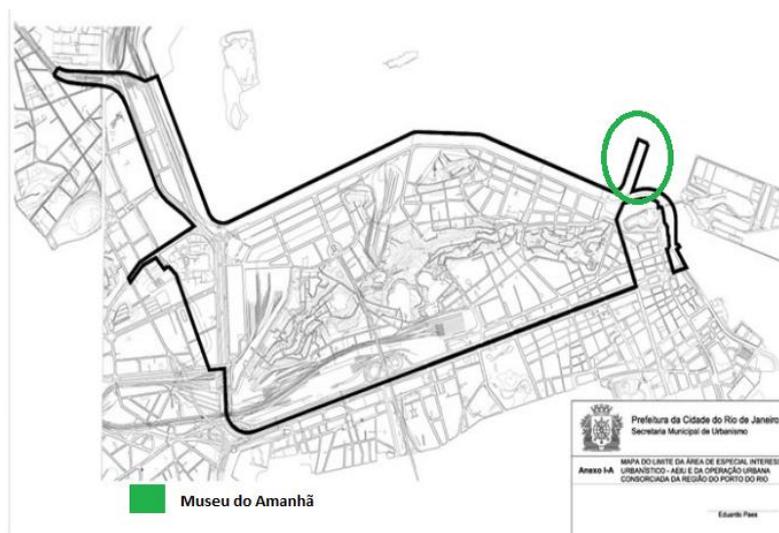


Figura 1 – Mapa do Limite da Área de Especial Interesse Urbanístico – AEIU e da Operação Urbana Consorciada da Região do Porto Novo [2].

Devido às suas práticas pautadas na sustentabilidade e projeto inovador, o museu recebeu em 2017 o prêmio *Best Innovative Green Building* do *MIPIM Awards*. Essa categoria, segundo o certificador, “reconhece edifícios ecológicos e eficientes em termos de recursos, que são construídos com um design progressivo e

inovador que reúne rigorosos critérios de sustentabilidade e melhora o ciclo de vida dos edifícios para moldar de uma forma positiva, o futuro” [3].

O museu possui também a certificação LEED¹ (*Leadership in Energy and Environmental Design*), na categoria ouro concedida pelo *U.S. Green Building Council (USGBC)*, ou conselho de construções verdes. Tais prêmios e certificações refletem todo um conjunto de medidas de sustentabilidade implementadas ao projeto desde sua concepção, passando por sua execução e até mesmo sua operação após entrega. A proposta do presente artigo é discorrer a respeito das características sustentáveis do Museu do Amanhã, abrangendo a certificação LEED e as soluções adotadas no projeto para garantir sua sustentabilidade.

OBJETIVOS

Objetiva-se com esse trabalho que haja início de certa padronização relativa às demais construções que venham a ser instaladas no Rio de Janeiro, com intuito de garantir maior eficiência energética acompanhada de considerável redução do consumo de água das operações e consequente ganho em custos operacionais.

METODOLOGIA

Construções Sustentáveis

O MDA teve sua construção e operação respeitando as diretrizes para uma construção sustentável, segundo o Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção (CIB). A construção sustentável pode ser definida como “o processo holístico para restabelecer e manter a harmonia entre o ambiente natural e o construído e criar estabelecimentos que confirmem a dignidade humana e estimulem a igualdade econômica” [4]. A palavra holístico foi criada a partir do termo holos, que em grego significa "todo" ou "inteiro" [5], ou seja, todas as partes devem estar harmônicas, de acordo com o desenvolvimento sustentável, ultrapassando a esfera ambiental, e deve abarcar a sustentabilidade econômica e social.

¹[8] O LEED é um sistema voluntário de certificação e orientação ambiental de edificações instituída em 1998 pela organização não governamental USGBC (United States Green Building Council) e coordenada localmente pelo GBCB (Green Building Council Brasil). É o selo de maior reconhecimento internacional e o mais utilizado em todo o mundo, com mais de 15 mil empreendimentos certificados. Adota o método de avaliação baseado em pontos e para obter a certificação é necessário satisfazer um conjunto de critérios de desempenho agrupados em áreas chave, e o peso de cada critério varia de acordo com a tipologia. Para obter a certificação mínima é necessário atingir 40 pontos; a partir de 50 pontos, recebe-se a certificação prata, com 60 pontos, certificado ouro e acima de 80 pontos certificação platina. O sistema LEED evoluiu com o tempo e hoje é dividido em referenciais que buscam atender as particularidades de cada tipologia. Assim, cada referencial adota pontuações com pré-requisitos diferentes, e leva em consideração o ciclo de vida da construção em diferentes etapas.

A palavra holístico foi criada a partir do termo holos, que em grego significa "todo" ou "inteiro" [5], ou seja, todas as partes devem estar harmônicas, de acordo com o desenvolvimento sustentável, ultrapassando a esfera ambiental, e deve abarcar a sustentabilidade econômica e social.

O Conselho Brasileiro de Construção Sustentável (CBCS) apoia a construção sustentável como “meio de prover um ambiente construído seguro, saudável e confortável enquanto simultaneamente limita o impacto sobre recursos naturais. Apresenta diversos princípios básicos, tais como: o uso racional do espaço; do uso eficiente e equilibrado de recursos naturais; do emprego de tecnologias ativas e passivas; da maximização do uso dos recursos econômicos e financeiros; no conjunto dos ciclos de concepção, implantação, uso, atualização e demolição, com o objetivo de não prejudicar a qualidade de vida das gerações futuras e a sobrevivência do planeta” [6].

A Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) foi uma das entidades que participaram da iniciativa oriunda da Confederação Nacional da Indústria (CNI), na Rio+20, que propunha a elaboração de documentos

com a evolução registrada nos últimos 20 anos e perspectivas para o futuro. Publicaram o documento intitulado “Desenvolvimento com Sustentabilidade” que mostra os principais desafios do setor: valorização e desenvolvimento da mão de obra, através da valorização do empregado, educação e capacitação profissional; inovação tecnológica para obter uma construção mais rápida, com menos resíduos, com o produto final mais seguro, confortável, mais durável e menor consumo de água e energia; desenvolvimento urbano sustentável: que vai desde o apoio ao planejamento urbano e construção de planos diretores (promovendo o uso misto do solo e adensamento qualificado) à construção de grandes empreendimentos, utilizando princípios de sustentabilidade e a requalificação de empreendimentos em áreas urbanas consolidadas.

Portanto, para a construção ser sustentável precisa assumir alguns papéis importantes não só para a edificação em si, como também seu entorno, e sociedade onde está instalada. As características desses empreendimentos sustentáveis englobam etapas diversas do seu ciclo de vida e a adoção de tecnologias inovadoras desde o desenvolvimento de projetos mais eficientes, e materiais melhores, mais duráveis como também na redução de energia e água, principalmente na etapa de operação.

Outra forma de conferir a sustentabilidade nas construções se dá por meio das certificações. Como exemplo, pode-se citar o selo LEED categoria ouro, obtido pelo Museu do Amanhã. Esta certificação funciona para todos os edifícios e pode ser aplicado a qualquer momento no empreendimento. Os projetos que buscam a certificação LEED são analisados por 8 dimensões. Todas possuem pré-requisitos (práticas obrigatórias) e créditos (recomendações), de tal forma que, à medida que os pré-requisitos são atendidos, estes garantem pontos à edificação para conferir a certificação. O nível da certificação é definido, conforme a quantidade de pontos adquiridos, podendo variar de 40 pontos a 110 pontos. Os níveis são: Certificado, Silver, Gold e Platinum. A tipologia enquadrada pelo MDA é a BD+C, porém estava na revisão 3, e foram analisados 7 dimensões, e sua aplicação foca em projeto, novas construções. A tabela 1 mostra os valores obtidos para cada critério da certificação.

Critério	Pontuação Obtida no Museu	Pontuação Máxima
Espaço Sustentável	19	26
Uso Racional da água	8	10
Energia e Atmosfera	18	35
Materiais e Recursos	8	14
Qualidade Ambiental Interna	9	15
Inovação ou Performance Exemplar	4	6
Crédito de Prioridade Regional	4	4
Total	70	110
Certificação	Leed Ouro	

Tabela 1- Pontuação obtida do MDA no LEED [14]

O conceito de ciclo em *Green Bulding* resume-se às edificações nas quais foram aplicadas medidas construtivas e de operação que resultam no aumento de eficiência no uso de recursos, com foco na redução dos impactos ambientais. Esse trabalho é realizado por meio de um processo que abrange todo o ciclo de vida das edificações, distribuído nas etapas de localização, design, construção, operação, manutenção, remoção de resíduos [8].

O MDA apresenta características significativas que o transformam numa construção sustentável. Tais características estão relacionadas aos critérios da certificação LEED, são elas: “localização e transporte; gerenciamento das águas (enchentes); tratamento e colaboração com a limpeza das águas da Baía; utilização de materiais ambientalmente amigáveis e renováveis; gestão energética extremamente eficiente (captação da energia solar, por meio de painéis fotovoltaicos instalados no telhado, que se movem de acordo com a trajetória do sol); redução do consumo de água; redução dos resíduos no canteiro de obras” [9].

RESULTADOS OBTIDOS

Requisitos para sustentabilidade no MDA

A) Localização e Transporte

Com relação à localização do museu e, para reduzir os impactos que o mesmo traz para a sua área de implantação, seu entorno, foram tratados itens como: o efeito “ilha de calor”: redução do aquecimento que o museu causa em seu microclima. Entende-se como ilha de calor “cidades que tendem a reter mais calor que áreas rurais porque superfícies escuras absorvem calor durante o dia e o concreto é muito mais lento que a vegetação para liberá-lo à noite. Em áreas com mais vegetação, a evapotranspiração – a perda de água por evaporação e por transpiração de solo e plantas – ajuda a arrefecer o ar” [10]. Para isso, além da preocupação com a localização física propriamente dita do museu, houve também a promoção da biodiversidade nos espaços revegetados. Essa iniciativa foi feita através do uso de vegetação nativa, que necessita de pouca rega, ressaltando a vegetação típica da região costeira da cidade, adequada ao local garantindo a recuperação da biodiversidade.

Com relação aos pontos de alagamento e enchentes, o museu está na região do porto, onde segundo ao CDURP, houve a renovação do sistema de coleta de águas pluviais e de esgoto. Neste local, foram adotadas novas redes e desagues, caixas ralos e “bocas de lobo” para captação do volume de chuva, destinando para redes subterrâneas bem dimensionadas que transportam a água até a Baía de Guanabara. As redes que existiam já estavam obsoletas e subdimensionadas. Ademais, o museu contribui efetivamente com a diminuição de enchentes, através da captação de água de chuva, e de sua utilização para fins não potáveis dentro do empreendimento.

Por fim, o MDA promove uma redução da poluição luminosa noturna da região, com a adoção de spots de iluminação pública mais eficientes e com reflexão correta da luminosidade. Entende-se como poluição luminosa, “um efeito colateral da civilização industrial. As suas fontes incluem a construção de iluminação exterior e interior, publicidade, propriedades comerciais, escritórios, fábricas, luzes de rua e locais esportivos iluminados.” [11].

Na parte relacionada ao transporte, cabe ressaltar que foram adotadas “alternativas inteligentes de transporte para a redução do uso de veículos, utilização de veículos não poluentes, uso de transporte público e de bicicletas. Para isso foram propostas novas opções ao uso de carro particular que contribuem para a redução de emissões de gás carbônico na atmosfera. Dentre as soluções, podemos citar a adoção de novas linhas de ônibus (Zona Sul, Zona Norte, Zona Oeste e Baixada Fluminense) contendo o MDA como itinerário, além de dezenas de linhas urbanas e intermunicipais que integram a rede rodoviária da Praça Mauá; a fomentação do uso bicicletas (aumento da malha cicloviária da região integrada com a ciclovía do museu), o que possibilita aos visitantes e funcionários um acesso fácil e seguro até o edifício; e por fim a adoção do VLT (o Veículo Leve sobre Trilhos, que integra o Centro da cidade e o MDA através da estação na Praça Mauá, chamada Parada dos Museus)”[9].

B) Gerenciamento das Águas

O gerenciamento das águas está relacionado com o uso da água de forma racionalizada, bem como seu reaproveitamento. O grande diferencial é o sistema que usa as águas da Baía de Guanabara para resfriar o calor retirado dos ambientes. O trocador de calor, ou permutador é um dispositivo usado para a transferência de energia térmica, “esta transferência pode ocorrer entre uma superfície sólida e um fluido, dois ou mais fluidos ou entre um líquido e partículas sólidas em temperaturas diferentes e em contato térmico” [12].

No caso do Museu do Amanhã, ocorre através de dois fluidos, de um lado a água proveniente da Baía em temperatura natural e, do outro, água doce da refrigeração. Esse sistema que utiliza a água do mar como rejeição de calor, já é adotado em diversos projetos navais e de plataformas, mas é relativamente novo para edificações, pois dificilmente a edificação fica próxima do mar. A localização do museu em uma região banhada pelo mar, facilita a adoção dessa tecnologia. Essa transferência se dá através do permutador de placas, conhecido como “PHE - Plate Heat Exchanger, é formado por um conjunto de placas de metal



corrugadas com quatro furos para a passagem dos dois fluidos entre os quais vai ocorrer a troca de calor” [12]. As placas utilizadas no sistema são formadas por placas de titânio. “O titânio possui boa resistência à corrosão e à erosão em diferentes meios e moderada resistência em altas temperaturas, tornando-o atraente para diversas aplicações industriais. Este possui uma série de características que o distinguem de outros metais leves, tornando a sua metalurgia física complexa e interessante” [13].

Todo este processo acontece de maneira a não interferir no meio ambiente. Para respeitar as limitações da temperatura das águas, acontece um novo processo de mistura para resfriar a água antes esta que volte para a Baía no outro lado do píer. Isso evita prejuízo à vida marinha, A figura 2 representa esquematicamente esse modelo.

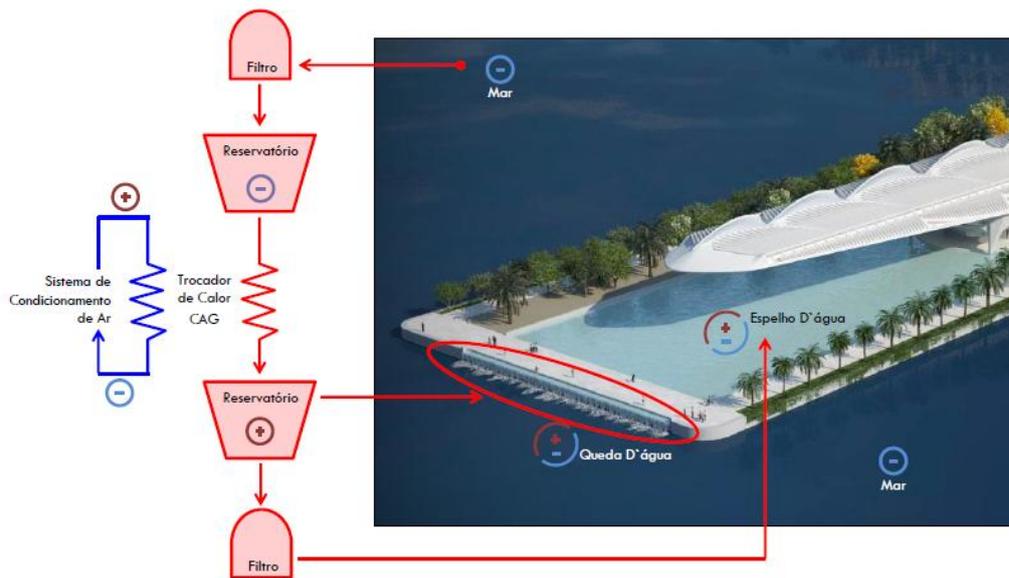


Figura 2 - Esquematização da coleta da água para troca de calor do Museu do Amanhã [14].

A extração da água da Baía de Guanabara ocorre através de “seis bombas instaladas no subsolo do prédio retiram as águas frias do fundo da Baía (em média, a temperatura encontrada no mar do Rio de Janeiro está entre 18°C e 24°C). Isso reduz bastante o consumo de energia porque dispensa o emprego de equipamentos elétricos e o consumo de água potável em torres de resfriamento. Depois de filtrada, a água é armazenada nos espelhos d’água que envolvem o edifício e devolvida à Baía, em forma de cascata nos fundos do prédio, como gesto simbólico” [15]. A presença de espelhos d’água não tem apenas a função estética, também contribui para proporcionar conforto térmico na área próxima ao jardim, com redução de até 2°C frente à temperatura ambiente.

O gerenciamento da água também engloba as águas de reuso, obtidas através de equipamentos e acessórios instalados no Museu. Na cobertura da edificação fica o sistema de captação de águas pluviais, usadas para fins não potáveis dentro do edifício, como irrigação. “Já as águas cinzas, provenientes dos chuveiros e lavatórios, seguem para a estação de tratamento localizada no subsolo e são reutilizadas no paisagismo e na lavagem de pisos”[9].

As águas residuais não industriais e derivadas de processos domésticos são chamadas de águas cinzas que “diferem das águas negras sanitárias, mais poluídas, pela quantidade e composição de produtos químicos e contaminantes biológicos. Em uma edificação de qualquer tipo - residência, comércio, indústria - as fontes típicas de águas cinzas são aquelas que provêm do uso de chuveiro, pia, tanque e máquina de lavar roupas” [16].



Segundo Rosana Correa da Casa do Futuro, o MDA recolhe também as águas provenientes da desumidificação do ar, proveniente do ar condicionado. Estas águas são reutilizadas também para os mesmos fins que os das águas de captação de chuva e águas cinzas. A figura 3 demonstra esquematicamente o reuso das águas.

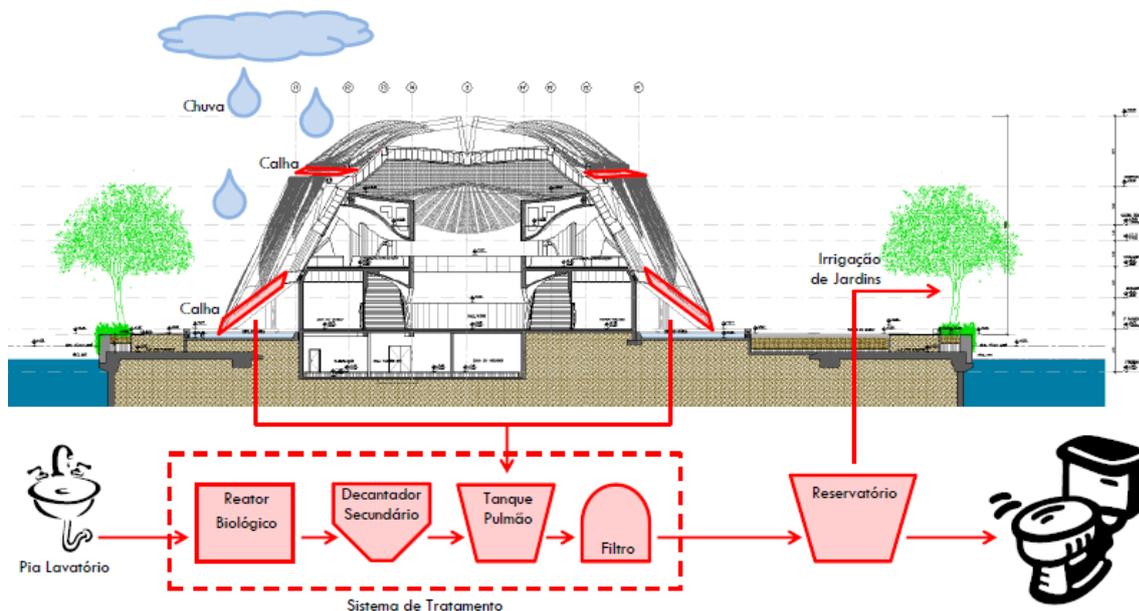


Figura 3 - Esquematização da coleta da água para reuso do Museu do Amanhã [14].

C) Gestão Energética

Com relação à eficiência na gestão energética, o museu se destaca pela tecnologia empregada para a captação da energia solar. O MDA conta com painéis fotovoltaicos instalados na cobertura, que se movem de acordo com a trajetória do sol, conforme a figura 4.

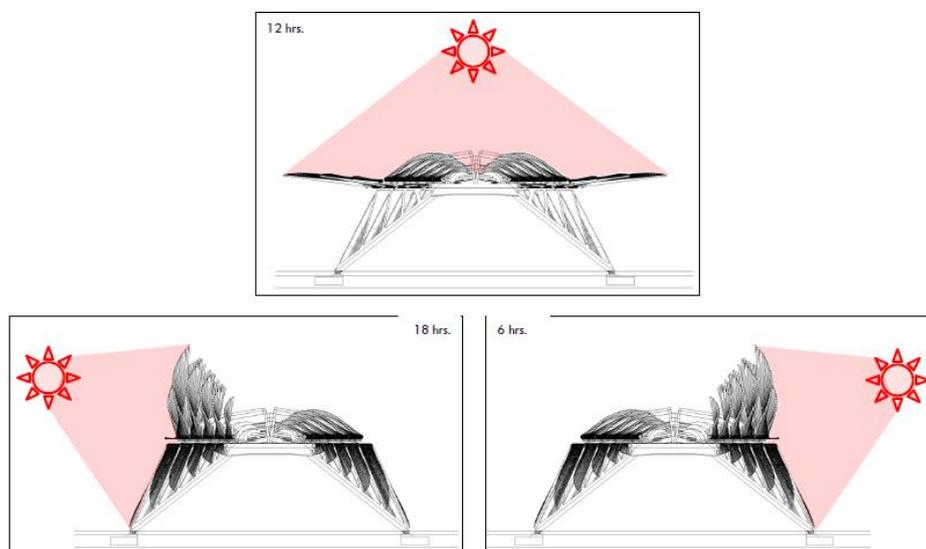


Figura 4 - Esquematização da movimentação das placas solares do Museu do Amanhã [14].

Além da potencializar a eficiência na captação solar, “a estrutura dinâmica cria consideráveis espaços de sombra que proporcionam uma perceptível melhora do conforto térmico no espaço externo e que reflete no conforto interno da edificação” [9].

Conforme esquematização apresentada na figura 4, “são 48 grandes estruturas de aço que se movem como asas ao longo do dia, de acordo com a posição do Sol, e servem de base para painéis fotovoltaicos, otimizando a captação de energia solar. O prédio possui aletas que carregam 5.492 placas de painéis fotovoltaicos para captação de energia solar. As placas, divididas em 24 módulos fixados na cobertura, acompanham o percurso solar de leste a oeste e produzem 250 KWh/ano, que equivalem à capacidade de fornecer energia para 4 milhões de lâmpadas incandescentes de 60w por uma hora” [15]. A construção também conta com grandes espaços abertos, projetados para aproveitar ao máximo a iluminação natural, evitando o uso desnecessário de luz artificial, economizando energia elétrica.

Outro diferencial de gestão energética eficiente no MDA é o aproveitamento da água da Baía de Guanabara para o sistema de troca de calor mencionado no item 3.2, que dispensou torres de arrefecimento no esquema de climatização do museu, o “que contribui uma economia de aproximadamente 25 mil litros de água por dia. Como resultado, o museu gera uma economia de até 50% de energia se comparado com construções convencionais” [9].

E) Materiais e a Sustentabilidade na Construção

Em todo o processo de construção do MDA houve significativa preocupação com a redução dos impactos ao meio ambiente, com os recursos utilizados. Na cadeia de suprimentos, foram aproveitados materiais reciclados e produtos extraídos do local, materiais regionais, os quais minimizam a emissão de poluentes na atmosfera, manufaturados e transportados de forma sustentável.

Segundo GARCIA (2016), foi possível destinar 85% dos resíduos da obra para a reciclagem. Além disso, houve o reaproveitamento de sobras das estacas metálicas das fundações para a construção dos barracões da obra. A certificação FSC (*Forest Stewardship Council*) da madeira utilizada no museu permite garantir e promover o manejo florestal responsável, promovendo uma mudança positiva e duradoura nas florestas e nos povos que nela fazem parte.

De acordo com o Relatório Técnico, disponível no acervo técnico do CDURP e apresentado para Certificação LEED quanto ao Manejo de lixo, o Museu do Amanhã possuiu o Plano de Gerenciamento de Resíduos das suas Construções - PGR, contando com treinamento, coleta seletiva, armazenamento, transporte interno e externo e destino final de acordo com a classificação de cada resíduo, conforme resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA 307/2002, 469/2015.

Os resíduos Classe A² (Resíduos da Construção Civil) foram direcionados para Usinas de reciclagem de - RCC (resíduos da construção civil) licenciadas pelos órgãos ambientais ou para aterros sanitários credenciados. Os resíduos Classe B foram direcionados para empresas comercializadoras de resíduos recicláveis legalizadas ou recicladoras licenciadas pelo Instituto Estadual do Ambiente - INEA. Cooperativa da Companhia Municipal de Limpeza Urbana (COMLURB), COOPERCENTRO: Núcleo PRAÇA ONZE ou COOPERATIVA SIX QUALITY: Núcleo CSR USINA DO CAJU. Os resíduos que não puderem ter como destino uma das opções anteriores, foram encaminhados para a Áreas de Transbordo e Triagem - ATT da COMLURB situada na Estrada de Gericinó, snº (ATT de Gericinó), assim como os resíduos Classe C.

² [19] Resolução CONAMA 307/02 : Classe A - são os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios) produzidas nos canteiros de obras; Classe B - são os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros; Classe C - são os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso; Classe D - são os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Os resíduos Classe D foram direcionados para instalações da empresa ESSENCIS SOLUÇÕES AMBIENTAIS localizadas nos municípios de Magé-RJ ou Taboão da Serra-SP. Dependendo da natureza do resíduo, ele foi disposto diretamente neste aterro ou passou por outros processos de tratamento (calcinção e incineração).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O Museu foi inaugurado no dia 17 de dezembro de 2015, após cerca de três anos de construção. “O evento recebeu atenção dos principais veículos brasileiros de comunicação e imprensa, o que contribuiu para que o Museu recebesse 25.473 visitantes, durante o “Viradão do Amanhã”, cujas portas ficaram abertas gratuitamente ao público entre 10h do dia 19 de dezembro e 18h do dia seguinte” [17]. Isso mostra a importância da obra e sua contribuição para a reabilitação da zona portuária do Rio de Janeiro. Os resultados das tecnologias discutidas revelam que o museu é eficiente no gerenciamento das águas e na gestão energética.

O MDA é um exemplo de edificação sustentável. Conforme exposto no item 3.2, as soluções adotadas na troca de calor na climatização do museu, trazem uma economia de “aproximadamente 25 mil litros de água por dia, sem a necessidade de torres de arrefecimento, economizando até 50% de energia se comparada com construções convencionais” [9]. Além disso, o sistema utilizado aumenta a eficiência energética dos *chillers* em até 50% e a eliminação do consumo de água potável em torres de resfriamento de água. As águas de reuso e a desumificação do ar, podem render 4 mil litros de água ao dia.

“A estimativa é que, com todas as soluções sustentáveis, a edificação economize, por ano, cerca de 9,6 milhões de litros de água e 2,4 gigawatt/hora (GWh) de energia elétrica, o que seria suficiente para abastecer quase 600 residências” [18]. Ainda segundo Garcia (2016), o Museu do Amanhã não chega a ser autossuficiente, mas reduz o consumo de energia em aproximadamente 32% e o de água em 50%. Somente a geração fotovoltaica supre até 9% da eletricidade consumida.

CONCLUSÕES

As medidas para construções sustentáveis são ações positivas não só para o meio ambiente, mas também para a comunidade ao redor do empreendimento. A concepção e a construção do MDA engloba a implementação de uma série de medidas de sustentabilidade para melhorar desempenho para eficiência termoenergética, redução do consumo de água, emissões de CO² e melhoria da qualidade ambiental interna. Essas ações contribuíram para a sensível redução de custos operacionais do MDA e na obtenção da certificação LEED, na categoria ouro. O selo LEED obtido pelo empreendimento trouxe ao MDA e ao Rio de Janeiro um diferencial mundialmente reconhecido.

É importante salientar que o cuidado durante as obras também foi permanente: as atividades seguiram rigorosas metas que incluíam saída de sedimentos da obra, organização e limpeza, elaboração do plano de controle de erosão, sedimentação e poluição no canteiro em busca da sustentabilidade e eficiência.

Para o gerenciamento de águas e a gestão energética, os destaques foram a captação de água da chuva, aproveitamento da água da Baía na refrigeração, geração de energia a partir de painéis fotovoltaicos móveis na cobertura e aquecimento solar.

O Museu do Amanhã foi criado para pensar o futuro do planeta, traduzindo na sua forma e no projeto arquitetônico a preocupação com a sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] IDG, Instituto de Desenvolvimento de Gestão - Sobre o Museu do Amanhã. <https://museudoamanha.org.br/pt-br/sobre-o-museu> (17/08/2017)
- [2] Lei Complementar nº 101, de 23 de novembro de 2009 http://www.portomaravilha.com.br/conteudo/legislacao/leis-complementares/LC101_-_23112009.pdf. (17/08/2017)
- [3] Marché International des Professionnels de l'Immobilier - MIPIM Awards. Winners 2017. <http://www.mipimawards.com/mipimawards2017/en/page/winners-2017> (17/08/2017)
- [4] CIB. Conselho Internacional para a Pesquisa e Inovação em Construção. Agenda 21 for Sustainable Construction in Developing Countries: A discussion document. Pretória, 2002. http://www.cibworld.nl/site/programme/priority_themes.html (20/06/2017)
- [5] Significado de Holístico. <https://www.significadosbr.com.br/holistico> (17/08/2017)
- [6] CBCS. Conselho Brasileiro da Construção Sustentável. Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas – 2014.
- [7] CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Guia CBIC de Boas Práticas em Sustentabilidade na Indústria da Construção – 2012
- [8] GBCBrasil. Green Bulding Council. Tipologias LEED. <http://www.gbcbrasil.org.br/leed-BDC.php?doc=RatingSystem-LEEDv4BDC.pdf#prettyPhoto> (10/08/2017)
- [9] CORREA, R. Museu do Amanhã. <http://www.casadofuturo.com/blog/museu-do-amanha-mda> (30/08/2017)
- [10]. HEIKKINEN, N. O fenômeno da ilha de calor urbana. Reproduzido de ClimateWire com permissão de Environment & Energy Publishing, LLC. www.eenews.net, 202-628-6500. Publicado em Scientific American em 25 de novembro de 2014. http://www2.uol.com.br/sciam/noticias/o_fenomeno_da_ilha_de_calor_urbana.html (28/08/2017)
- [11] IDA. International DarkSky Association. Light Pollution. <http://www.darksky.org/light-pollution/> (30/08/2017).
- [12] CÔRTE, R. R. A. Avaliação Comparativa do Titânio e do Aço Inoxidável Superasustenítico para Aplicação em Permutadores de Calor do Tipo Placas – 2014, p17 –p50.
- [13] JOSHI, V. A. Titanium alloys: An atlas of structures and fracture features. CRC Press, 2006.
- [14] CDURP – Companhia de Desenvolvimento Urbano da Região do Porto do Rio de Janeiro – Acervo Técnico de Projetos do Museu – 2012.
- [15] DÊGELO. M. MUSEU DO AMANHÃ: Conheça o Projeto Ousado e Sustentável. <http://revistacasaejardim.globo.com/Casa-e-Jardim/Arquitetura/noticia/2015/12/museu-do-amanha-conheca-o-projeto-ousado-e-sustentavel.html> (30/08/2017)
- [17] XVII Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação (XVII ENANCIB). MUSEU DO AMANHÃ E OS DESAFIOS DO ANTROPOCENO: UMA PROPOSTA DE ALTERNATIVA MUSEOLÓGICA.



**Encontro Técnico
AESABESP**
30º Congresso Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



FENASAN
30ª Feira Nacional
de Saneamento e
Meio Ambiente



<http://www.ufpb.br/evento/lti/ocs/index.php/enancib2016/enancib2016/paper/viewFile/4122/2265>
(17/08/2017)

[18] GARCIA, D. Museu do Amanhã deverá receber LEED ouro.
https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/museu-do-amanha-devera-receber-leed-ouro_13031_0_1. (20/08/ 2017).

[19] RESOLUÇÃO CONAMA No 307, DE 5 DE JULHO DE 2002.
<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. (17/08/2017)