

NEUROARQUITETURA APLICADA AOS CRITÉRIOS DE PROJETO DE ILUMINAÇÃO E CONFORTO DO ESPAÇO CONSTRUÍDO

MOURA, MARIANGELA (1); LOPES, R.G. (2)

(1) Universidade Federal Fluminense - UFF, mariangela.iluminacao@gmail.com; (2) Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, ricardo@ricmon.com.br,

RESUMO

O termo neuroarquitetura se refere à utilização da neurociência para investigar o estímulo cerebral e sensorial que a arquitetura ou determinado elemento arquitetônico causa nos seres humanos. Os estudos neste campo conectam a neurociência com o estudo das respostas comportamentais e do cérebro ao ambiente, à projeção dos espaços. O conceito de neuroarquitetura já está relativamente difundido no mundo, especialmente depois da criação da ANFA (*Academy of Neuroscience for Architecture*) em 2003, nos Estados Unidos. No Brasil, entretanto, apenas recentemente vem se desenvolvendo. O artigo trata da neuroarquitetura aplicada ao campo da iluminação de ambientes construídos. Reflete sobre os conceitos de neurociência e neuroarquitetura, investiga as ligações entre iluminação e neurociência, discorre brevemente sobre a iluminação de museus e apresenta estudo de caso de projeto de iluminação do museu do Clube de Regatas do Flamengo, no Rio de Janeiro, cujos critérios de renovação foram pautados pelo conceito e técnicas de neuroarquitetura.

Palavras-chave: neuroarquitetura; iluminação; projeto de iluminação e conforto do espaço construído.

ABSTRACT

The term neuroarchitecture refers to the use of neuroscience to investigate the cerebral and sensory stimulus that architecture or a certain architectural element causes in human beings. Studies in this field connect neuroscience with the study of behavioral and brain responses to the environment, to the projection of spaces. The concept of neuroarchitecture is already relatively widespread in the world, especially after the creation of ANFA (Academy of Neuroscience for Architecture) in 2003, in the United States. In Brazil, however, it has only recently been developed. The article deals with neuroarchitecture applied to the field of lighting in built environments. It reflects on the concepts of neuroscience and neuroarchitecture, investigates the links between lighting and neuroscience, briefly discusses museum lighting and presents a case study of the lighting project at the Clube de Regatas do Flamengo

Museum, in Rio de Janeiro, whose criteria for renovation were guided by the concept and techniques of neuroarchitecture.

Keywords: *Neuroarchitecture; Lighting; Lighting design and comfort of the built space.*

1 INTRODUÇÃO

Em geral, a arquitetura é vista como a arte de projetar edifícios ou mesmo como a criação de espaços físicos habitáveis pelo homem por meio de elementos construídos. No entanto, Arquitetura é bem mais do que isso. Para além de atender às necessidades funcionais dos usuários, trata-se de um agente impulsionador de reações, que provoca no ser humano vários sentidos. Em vez da mera visão ou dos cinco sentidos clássicos, envolve diversas esferas da experiência sensorial que interagem e se fundem entre si. É a arquitetura quem faz a mediação entre o mundo e a mente humana, reforçando identidades, subjetividades, experiência existencial, e a sensação de pertencimento ao mundo. Daí porque seus elementos interagem com o cérebro, com estados mentais e também sensoriais, ativando percepções, emoções, comportamentos e ações (PALLASMAA, 2011). Segundo Pallasmaa:

Toda experiência com arquitetura é multissensorial; as características de espaço, matéria, escala, são medidas igualmente por nossos olhos, ouvidos, nariz, pele, língua, esqueleto e músculos. A arquitetura reforça a experiência existencial, nossa sensação de pertencer ao mundo, e essa é essencialmente uma experiência de reforço da identidade pessoal. Em vez da mera visão, ou dos cinco sentidos clássicos, arquitetura envolve diversas esferas da experiência sensorial que interagem e fundem entre si (PALLASMAA, p. 39).

Tal perspectiva remete ao campo da neuroarquitetura, termo que se refere à aplicação da neurociência à arquitetura. A neuroarquitetura tem caráter multidisciplinar e investiga os impactos do ambiente físico sobre o ser humano. Os estudos sobre neurociência conectam-na a estudos das respostas comportamentais e do cérebro ao ambiente construído, à projeção dos espaços (PAPALE, 2016).

Este artigo trata da neuroarquitetura. Embora este seja um tema já difundido no plano internacional, no Brasil, ainda é relativamente pouco estudado, o que justifica o desenvolvimento da pesquisa.

O objetivo principal é evidenciar a complexidade dos processos cognitivos e emocionais envolvidos na experiência cotidiana dos ambientes. O objetivo específico é abordar a iluminação de ambientes, investigando possibilidades da aplicação do conceito de neuroarquitetura a projetos luminotécnicos – cogita-se que a iluminação é um aspecto relevante neste campo, eis que a emissão, as

características e a qualidade da luz (natural ou artificial) impactam o estado mental e sensorial do ser humano, reverberando sobre percepções, emoções e comportamentos. Para tanto, apresenta projeto de iluminação de um museu cujos critérios foram pautados no conceito e técnicas de neuroarquitetura.

Do ponto de vista da metodologia, o artigo tem caráter exploratório, classificação das pesquisas que abordam temáticas pouco conhecidas ou exploradas. As pesquisas exploratórias visam à familiarização de determinado tema ou fenômeno, proporcionando descobertas de novas ideias e percepções (CERVO; BERVIAN; SILVA, 2007). O procedimento técnico empregado é a revisão bibliográfica (como convém a estudos voltados ao estado da arte de determinado objeto de análise), desenvolvida através de material já publicado, portanto de domínio público. As fontes de consulta são livros, artigos veiculados em revistas e periódicos e páginas da internet. O procedimento estabelece estudo de ordem qualitativa.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Neurociência e Neuroarquitetura

Neurociência é o campo científico que se dedica ao estudo do sistema nervoso, especificamente do cérebro humano e suas funções. Trata-se de uma área relativamente nova, mas que possui referências bastante antigas na história, desde que o homem começou a fazer experimentos em relação ao cérebro humano. Isso inclui períodos pré-históricos, Grécia Antiga, Império Romano, passando pela Idade Média, Renascença, Iluminismo, abarcando a contemporaneidade até chegar à década de 1990, a chamada 'década do cérebro' (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

Historicamente, diferentes áreas do conhecimento se voltaram ao estudo do cérebro, tais como medicina, física, química, matemática, biologia etc. Com o passar do tempo, e à medida que os conhecimentos foram se aperfeiçoando, outras se somaram, sobretudo pela conscientização de que a interdisciplinaridade favorecia a compreensão do cérebro humano e dos processos mentais. Ou seja, adotou-se um caráter interdisciplinar, que, somado à combinação de abordagens tradicionais, visou produzir uma nova síntese, uma nova perspectiva. Afinal, o cérebro humano é um órgão complexo. Nele há, aproximadamente, cem bilhões de neurônios, unidade básica que processa a informação no seu interior. Cada um deles pode se conectar a milhares de outros, fazendo com que os sinais de informação fluam em massa em várias direções simultaneamente, processo conhecido como conexões neurais ou sinapses (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

A constituição formal da neurociência ocorre apenas no século XX. O próprio vocábulo é jovem, foi criado na década de 1970, e ganhou uso com a fundação, nos Estados Unidos, da primeira associação de

neurociência, a Society for Neuroscience, uma das mais importantes comunidades da neurociência, congregando neurocientistas profissionais. A partir de então, foi impressionante o seu desenvolvimento, muito em função do grande avanço tecnológico do período. Na década de 90, houve um boom de pesquisas científicas a respeito, o que produziu grandes progressos na área, dentre os quais a descoberta do nascimento de novos neurônios em cérebros adultos, plasticidade cerebral, relação entre cérebro, percepções e comportamentos (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002) (VILLAROUCO, 2020).

A neurociência possui forte caráter multidisciplinar, o que facilitou o surgimento de novos ramos de aplicação dos conhecimentos do cérebro. Atualmente, se expande para ampla gama de pesquisas, abrangendo uma pluralidade de disciplinas que estimulam a abordagem sob diferentes enfoques. Este caráter multidisciplinar faz com que vários autores nomeiem a neurociência como neurociências, no plural, o que amplia o seu escopo e o leque de possibilidades de pesquisa (BEAR; CONNORS; PARADISO, 2002).

Com efeito, em anos recentes houve forte crescimento do número de pesquisas da neurociência aplicada a diversas áreas do conhecimento, uma vez que, para além do âmbito da saúde, ela viabiliza o entendimento do ser humano em diferentes situações e dimensões da vida humana. Especialmente nas ciências sociais, a neurociência abre novas possibilidades de compreensão da natureza da cognição e da conduta humana, promovendo uma aproximação científica com a pessoa (VILLAROUCO, 2020) (VASQUEZ, 2016).

Assim, acompanhando a tendência da associação da neurociência com outras áreas (como educação, marketing, administração, dentre outras), estudos neurocientíficos no campo da ergonomia vieram a ser desenvolvidos. A partir do encontro de diferentes disciplinas, da psicologia cognitiva, neurociência e ergonomia, surge a neuroergonomia, termo de origem recente cuja primeira menção aconteceu em 2003, na edição da revista "Theoretical Issues in Ergonomics Science", para posteriormente consolidar-se com o lançamento do livro "Neuroergonomics: The Brain at Work". Em paralelo, e apropriadamente – dadas as preocupações com o bem-estar do indivíduo em aspectos físicos, cognitivos e mesmo organizacionais envolvidos nas atividades humanas – o raio de ação da neurociência espalhou-se para o ambiente construído, o que envolveu a arquitetura (VILLAROUCO, 2020). Segundo Papale et. al., atualmente, o debate arquitetônico vem sendo fortemente influenciado pela neurociência (PALLASMAA, 2011).

O conceito de neuroarquitetura originou-se do rápido crescimento de uma nova consciência sobre a complexidade das funções cognitivas e processos emocionais envolvidos na experiência diária no desenho de ambientes. O interesse pela disciplina levou à criação, também em 2003, da Academy of Neuroscience for Architecture (ANFA), nos Estados

Unidos, o que confirmou a importância dos conceitos da neurociência na concepção de espaços (PALLASMAA, 2011) (VILLAROUÇO, 2020).

A neuroarquitetura é definida como a aplicação da neurociência aos espaços construídos, visando à maior compreensão dos impactos da arquitetura no cérebro e nos comportamentos humanos. Trata-se de uma ciência de caráter interdisciplinar que estabelece interfaces ricas com outros campos do conhecimento que originalmente não mantinham diálogo com a arquitetura e o urbanismo tradicionais, dentre eles, psicologia, psicologia ambiental, estudos da mente e do comportamento humano e suas interações com o ambiente físico e social. Desta forma, a neuroarquitetura amplia o campo de pesquisas sobre a relação entre o ambiente construído e seus usuários, potencializando a compreensão de diversas mensagens que esse ambiente transmite, inclusive no que se refere a níveis menos conscientes de percepção (PAIVA, 2021).

A neuroarquitetura pressupõe que o ambiente tem influência direta nos padrões mais elementares de funcionamento do cérebro, que fogem da percepção consciente. Sua aplicação pelo arquiteto consiste em projetar com o objetivo explícito de afetar positivamente comportamentos humanos, mesmo os que estão além da percepção e do controle conscientes. No entanto, para a neuroarquitetura, a compreensão do público-alvo que utilizará o ambiente projetado é fundamental, pois as pessoas são diferentes – não possuem as mesmas características genéticas, pessoais e culturais, são portadoras de experiência individual, transitam em ambientes sociais diversificados, têm hábitos e rotinas próprios. Há todo um conjunto de variáveis que pode afetar reações fisiológicas e comportamentais. Ademais, o ambiente construído pode influenciar o indivíduo sem que ele se dê conta. Por todas essas razões, a aplicação da neurociência no projeto de arquitetura demanda cautela e princípios éticos (PAIVA, 2021).

De forma prática, a neuroarquitetura deve ser utilizada para tornar a ação humana mais efetiva, e, principalmente, para criar espaços mais saudáveis no curto e no longo prazo – o princípio que rege esta ciência é eficiência com qualidade de vida e bem-estar por meio da concepção e uso estratégicos do espaço. Importante mencionar que neuroarquitetura não significa a criação de regras a serem seguidas pelos arquitetos em seus projetos, pois ela consiste em um conjunto de conceitos envolvendo diferentes propriedades do cérebro que podem ser impactadas por determinadas características do ambiente. Cabe aos arquitetos escolherem o que aplicar e quando/onde aplicar (PAIVA, 2021).

Karakas e Yildiz pontuam que a interseção da neurociência e a arquitetura é benéfica ao menos sob três perspectivas: (i) para avaliar o desempenho de um ambiente construído existente, (ii) para fornecer decisões de design baseadas em evidências e (iii) para melhorar a

qualidade de vida do ser humano e da sociedade frente ao exame da experiência humana no ambiente construído (KARAKAS; YILDIZ, 2020).

2.2 Iluminação de ambientes e neuroarquitetura

Um dos principais elementos arquitetônicos é a luz. Natural ou artificial, a luz permite a percepção das formas e contribui, com suas características, para a criação, diferenciação e conexão de espaços dentro de uma determinada área. Conforme Barnabé (BARNABÉ, 2008 - p. 62), a luz é elemento fundamental para a qualificação do espaço e da forma. Usada muitas vezes como premissa para proposições criativas, constitui “elemento catalisador no processo de concepção, matéria autônoma capaz de responder às questões funcionais, mas também moldada para emocionar”.

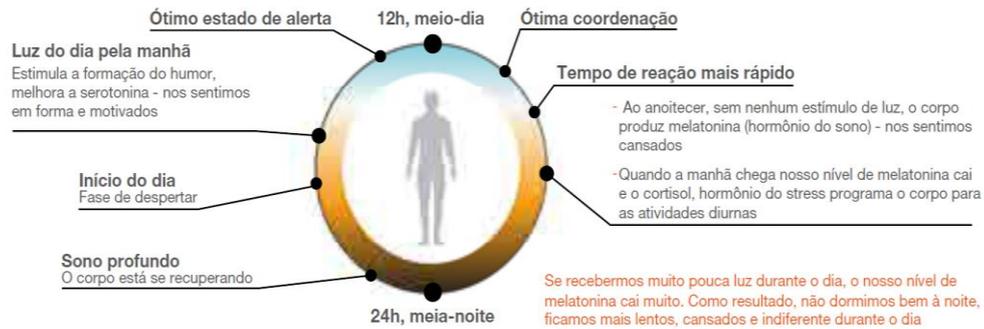
Essa perspectiva mostra que a arquitetura é também um fenômeno de emoção, estando essencialmente ligada a um complexo processo de concepção no qual o uso da luz como diretriz de projeto requer tanto a valorização da técnica quanto da pessoa, uma vez que a luz influencia o comportamento humano. A luz pode muito mais do que permitir a visão. Ela também facilita efeitos não visuais sobre o ser humano; pode melhorar o desempenho cognitivo, energizar as pessoas, aumentar a atenção e fazer as pessoas relaxarem (LEDVANCE, 2021).

No espaço construído, especialmente em ambientes de longa permanência, como escritórios, escolas, lojas, hospitais etc., a exposição à iluminação artificial impacta diretamente a qualidade de vida e pode atingir o cérebro das pessoas. O excesso de iluminação prolongada afeta diretamente a saúde física e psicológica. Desta forma, a iluminação artificial, sobretudo, não respeita o ritmo biológico do ser humano, o chamado ciclo circadiano, que se refere ao período de cerca de 24 horas sobre o qual o ciclo biológico de quase todos os seres vivos se baseia (PAIVA, 2021).

O ciclo circadiano regula tanto ritmos fisiológicos como psicológicos, tendo impactos diretos no estado de vigília e de sono, na secreção de hormônios, função celular e expressão genética. É ele que permeia a maioria dos sistemas cerebrais responsáveis pelo controle do humor, entre eles o sistema límbico e o eixo hipotálamo-hipófise. Também regula a secreção de glicocorticoides, entre eles o cortisol. Tais substâncias são importantes para o controle do estresse e do sistema imunológico. No longo prazo, a desregulação do sistema circadiano também gera mudanças estruturais no cérebro (PAIVA, 2021).

A Figura 1 ilustra o funcionamento do ciclo circadiano, destacando a importância da luz natural no ritmo biológico do corpo humano

Figura 1 – Ciclo Circadiano



Fonte: Ledvance (2021)

Essas advertências são relevantes porque a neuroarquitetura propõe o conceito de iluminação centrada no ser humano, que engloba a perspectiva da saúde, bem-estar e desempenho da luz, introduzindo benefícios visuais, biológicos e emocionais. Ou seja, foca as pessoas, suas necessidades e o design da luz. A iluminação centrada na pessoa pode ser aplicada em diversas áreas e ambientes, desde escolas, escritórios, hospitais, residências particulares e museus. Demanda do light designer, dentre outros, controle dos níveis de iluminância, da temperatura da cor, da aparência de cor da luz, escolha e uso corretos de lâmpadas e luminárias, apropriados ao ambiente, de modo a simular o curso da luz do dia, contribuindo positivamente para a manutenção do ritmo circadiano – a iluminação centrada na pessoa é baseada nas mudanças naturais da luz do dia (LEDVANCE, 2021).

Estudos recentes mostram que o conceito de iluminação centrada no ser humano traz inúmeros benefícios para as pessoas. Citam-se, entre eles: melhor desempenho físico e mental; aumento da concentração e da atenção; redução do número de erros; redução do cansaço pela manhã; redução da sonolência e fadiga ao longo do dia; e melhor sono à noite. No ambiente corporativo, melhor desempenho das empresas (LEDVANCE, 2021).

2.3 Apontamentos sobre a iluminação de museus

A iluminação é um dos principais fatores de valorização dos museus, das obras de arte e da arquitetura museológica; interfere diretamente na correta percepção dos objetos, nas sombras, na dramaticidade do espaço e no bem-estar e satisfação dos visitantes (BARBOSA, 2021). E se não for bem projetada, pode prejudicar materiais e objetos expostos, bem como as pessoas. Por isso, o museu é um dos locais mais desafiadores para arquitetos ou light designers, pois eles têm que, ao mesmo tempo, valorizar o espaço, tornando-o interessante, bonito e atrativo ao visitante, dar ênfase às obras, evitando incômodos e perturbações visuais ao observador, além de assegurar a integridade

física delas, questão diretamente relacionada à sua importância e valor artístico e econômico (SOLANO,2010).

A literatura elenca os principais aspectos relacionados à iluminação de museus. São eles:

- i) Controle dos níveis de iluminância para a conservação das obras expostas. No Brasil, a NBR ISO 8995-1 cita a observância de luminância média de 300 lux, sem determinar luminâncias máximas para diferentes materiais de objetos expostos. Em contrapartida, órgãos internacionais identificam classes de materiais com diferentes luminâncias e tempos de exposição à luz (BARBOSA, 2021).
- ii) Controle sobre a aparência da cor da luz, aspecto relevante na ambientação final do espaço, sendo responsável pela sensação subjetiva causada ao usuário, além de reverberar fisiologicamente sobre ele. A aparência de cor mais indicada para museus é a quente, já que o uso de fontes de luz branco azuladas em mostras com matérias muito sensíveis à luz não é indicada (BARBOSA, 2021).
- iii) Controle sobre ofuscamento, sobretudo no uso de luminárias no caso de iluminação artificial. Luminárias com controle de ofuscamento devem ser adotadas. O sistema deve possuir flexibilidade suficiente para evitar o ofuscamento aos observadores e o calor no ambiente (BARBOSA, 2021).
- iv) Controle sobre as radiações que as fontes de luz emitem. As radiações constituem as causas mais comuns de degradação de materiais, obras de arte, coleções e acervo museológico. Qualquer radiação deve ser evitada, mas principalmente aquelas invisíveis ao olho humano. Especialmente a ultravioleta, também invisível ao olho humano, deve ser eliminada ou atingir o nível mínimo aceitável, pois provoca deterioração de material, causando desbotamento irreversível em elementos sensíveis à luz (BARBOSA, 2021).

Outros aspectos devem ser objeto de análise acurada do arquiteto ou lighting designer no projeto de iluminação de museus, tais como: observação do tipo de exposição a ser trabalhada e, a partir disso, a escolha do sistema, das lâmpadas e das luminárias. A qualidade da iluminação depende primeiramente do sistema utilizado. A escolha do sistema é de fundamental importância, pois ele é fator definidor da eficiência/desempenho do ambiente sob o ponto de vista visual. É ele que caracteriza o espaço. O sistema também implica em mais ou menos consumo de energia. O consumo depende do nível de iluminação, do número de lâmpadas e da forma como elas são utilizadas, o que pode significar custos econômicos mais ou menos elevados (SOLANO, 2010).

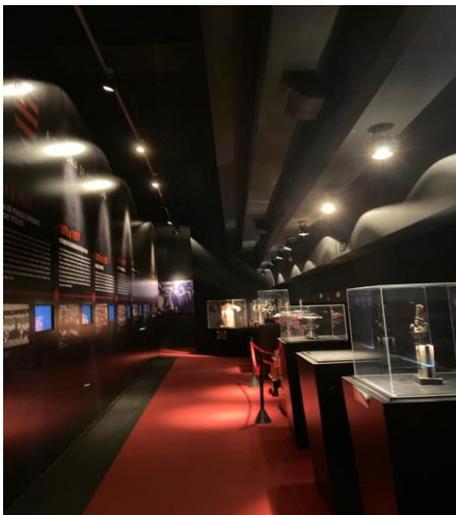
2.4 Estudo de caso: Iluminação do Museu do Flamengo

O Clube de Regatas do Flamengo é uma instituição carioca localizada no Rio de Janeiro que congrega vários esportes, mas em especial o futebol, e que tem ampla torcida no Brasil e no mundo. O clube mantém um museu próprio, onde expõe aos visitantes camisas de times, troféus, medalhas e outros itens de seu acervo centenário.

O Museu do Flamengo ocupa um subsolo das dependências do clube, localizado no bairro da Gávea, Rio de Janeiro. No espaço ambientado todas as paredes são pintadas em preto para ressaltar o que está sendo exposto, geralmente em branco ou em prata. O sistema de iluminação utilizava lâmpadas incandescentes halógenas AR 111 com 100 Watts de potência em vários ângulos. A iluminação existente não aplicava corretamente o ângulo adequado para valorizar e destacar as peças expostas (camisas do time de futebol, troféus em prata, peças em bronze).

Na Figura 2 é possível observar a iluminação pré-existente, utilizando ângulos incorretos, sem focalização adequada dos objetos e apresentando pontos iluminados com muita intensidade e outros pontos sem nenhuma luz.

Figura 2: Iluminação existente



Fonte: Moura, M; Lopes, R. (2014)

Nas imagens, vê-se, que o vidro protetor das peças expostas, como as taças, é plano, sem angulação, provocando reflexo e impedindo que o visitante tenha uma visão correta. Esse problema foi corrigido com o uso de lâmpadas PAR 38 de grau aberto, mas com angulação diferenciada, para que a luz que incida no vidro não voltasse aos olhos do visitante.

A preocupação com as reações corretas dos usuários ao visitar o museu provocando no ser humano sensações não eram perceptíveis, ao contrário, o ofuscamento da fonte de luz iluminando os objetos de forma incorreta incomodava o visitante e provocava reflexos no rebatimento

da luz, sem possibilitar a experiência completa de visualização do espaço.

A neuroarquitetura investiga os impactos do ambiente físico sobre o ser humano evidenciando a complexidade dos processos cognitivos e emocionais envolvidos na experiência e na percepção dos ambientes. A iluminação é um aspecto relevante neste campo, as características e a qualidade da luz (natural ou artificial) impactam o estado mental e sensorial do ser humano.

No que se refere às reações ao estímulo cerebral e sensorial que a iluminação pode provocar nos seres humanos, o projeto e consultoria corrigiram o sistema de iluminação existente para proporcionar as sensações e percepções do espaço adequadas aos visitantes. A luz artificial utilizada corretamente cria ambiências e simula a mudança da luz natural viabilizando as alterações visuais e os efeitos emocionais no espaço projetado.

Detalhe importante observado na consultoria de iluminação disse respeito às cores das camisas do Flamengo, vermelho e preto, que não refletem luz. Nesse sentido, realizou-se a correção da iluminação existente quanto às diferentes temperaturas de cor utilizadas nas lâmpadas LED, a fim de valorizar as camisas do time de futebol do clube.

Nas imagens da Figura 3, pode-se observar a iluminação anterior no item a, com aspectos de luz quente 3000K (amarela) e ao lado a utilização luz na temperatura de 6500K (muito azulada). Na correção da iluminação, item b, as lâmpadas foram substituídas por LEDs Gu10 Mr16 de potências iguais, com temperatura de cor de 4000K.

Figura 3: Iluminação existente/iluminação corrigida, itens a e b, respectivamente



Fonte: Moura, M; Lopes, R. (2014)

A utilização da temperatura de cor e dos níveis de luminosidade foi parâmetro importante para o projeto, pois propiciou a simulação da luz natural, interferindo, assim, na percepção dos diferentes espaços e etapas de percurso no museu. A escolha da temperatura de cor neutra por meio da utilização da luz branca, por exemplo, destacou as cores dos elementos representativos do clube. A luz branca (quente – 3000k) foi

utilizada para representar a torcida do clube e o convívio entre as pessoas, transformando o espaço e tornando possível perceber a energia dos torcedores.

No campo da iluminação, museus, galerias e salas de exposições são locais intrinsecamente complexos; ainda constituem um desafio: à evidência da importância da iluminação na valorização de objetos e materiais de caráter museológico corresponde, ao mesmo tempo, o risco de sua degradação se não houver o cuidado necessário e imprescindível no uso da luz.

A renovação de iluminação realizado Museu do Flamengo seguiu, essa mesma perspectiva, muito embora a iluminação utilizada para destacar e valorizar os itens expostos naquele local diferencie-se daquela em geral empregada nos museus convencionais. Trata-se de uma unidade que apresenta particularidades que foram observadas nos primeiros estudos de viabilização do projeto. As intervenções foram realizadas no que se pode considerar a primeira fase da consultoria da iluminação do Museu do Flamengo.

Sobre a importância da iluminação, destaca-se que será ministrado um treinamento de iluminação de museu aos museólogos do Flamengo, ensinando na prática o que é e como deve ser o estudo dos ângulos das fontes artificiais para valorizar o acervo e proporcionar as sensações adequadas aos visitantes.

3 CONCLUSÕES

Este artigo versou sobre neuroarquitetura, tendo como foco a sua aplicação na iluminação de ambientes construídos. Analisou os conceitos de neurociência e neuroarquitetura expondo a intrínseca ligação entre ambos. Na investigação, ficou evidente a interseção dos conhecimentos sobre iluminação, neurociência e neuroarquitetura.

Abordou-se a questão da iluminação de museus, uma das mais espinhosas para arquitetos e lighting designers, em aspectos técnicos, por serem, estes locais, ambientes muito específicos, os quais demandam cuidados redobrados para que acervo e obras expostas não entrem em processo de degradação, e também do ponto de vista de seus usuários, cuidando-se de mostrar que a iluminação em museus interfere na sua percepção. Nesse sentido, foram arrolados os principais aspectos a serem observados em projetos de iluminação de museus.

Sustentando todas essas proposições, apresentou-se estudo de caso da renovação de iluminação do Museu do Flamengo, cujo projeto atendeu a critérios da neurociência aplicada à arquitetura.

Sabe-se que, atualmente, o debate sobre arquitetura vem sendo fortemente influenciado pela neurociência. No plano internacional, esta já é uma realidade. No Brasil, registros a respeito são recentes. Por isso, recomenda-se que novas pesquisas sobre o tema sejam realizadas.

Sugere-se, especialmente, o desenvolvimento de estudos que possam tornar amplo ao público os projetos de iluminação cujas bases se fundamentam no conceito de neuroarquitetura, a iluminação centrada no ser humano.

REFERÊNCIAS

PALLASMAA, J. *Os Olhos da Pele: a Arquitetura e os sentidos*. Porto Alegre: Bookman, 2011.

PAPALE, P. et al. When Neuroscience 'Touches' Architecture: From Hapticity to a Supramodal Functioning of the Human Brain. *Front Psychol* 7:866, 2016.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A.; SILVA, R. *Metodologia Científica*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

BEAR, M. F.; CONNORS, B. W.; PARADISO, M. A. *Neurociências: desvendando o sistema nervoso*. Porto Alegre: Artmed, 2002.

VILLAROUCO, V. et al. Neuroergonomia, neuroarquitetura e ambiente construído. Tendência futura ou presente? *Hergodesign & HCI*, n. 2, v. 8, p. 92-112, Rio de Janeiro, jul./dez. 2020.

VASQUEZ, M. M. et al. Neurociência e Ciências Sociais: uma revisão dos conceitos do neuromarketing, da neuroergonomia e do neurodesign. In: *12º Congresso Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento em Design, P&D 2016*. Belo Horizonte, 04-07 out. 2016.

PAIVA, A. 12 Princípios da neuroarquitetura e do neurourbanismo. *Neuroau*. 03/03/2018. <https://www.neuroau.com/post/principios> (acesso: setembro de 2021).

KARAKAS, T.; YILDIZ, D. Exploring the influence of the built environment on human experience through a neuroscience approach: A systematic review. *Frontiers of Architectural Research*, v. 9, Issue 1, p. 236-247, 2020.

BARNABÉ, P. M. M. A luz natural como diretriz de projeto. *Pós, Revista do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da FAUUSP*, n. 22, p. 62-81, São Paulo, USP, 2008.

LEDVANCE. *A Iluminação centrada no ser humano*. Paper. Barueri, 2021.

PAIVA, A. Neuroarquitetura e os impactos da luz no cérebro. *Neuroau*. 06/08/2018. <https://www.neuroau.com/post/neuroarquitetura-e-os-impactos-da-luz-no-c%C3%A9rebro> (acesso: outubro de 2021).

BARBOSA, L. A. G. Iluminação de museus deve evitar que acervo sofra com radiação. *Revista ECweb*. 2019. https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/iluminacao-de-museus-deve-evitar-que-acervo-sofra-com-radiacao_7573_10_21 (acesso: outubro de 2021).

SOLANO, N. Iluminação de Museus: os sistemas e seus efeitos. *Revista Lume Arquitetura*, n. 43, São Paulo, abr./mai. 2010.

MOURA, M.; LOPES, R. G. Apontamentos sobre a iluminação de museus e o caso da iluminação do Museu do Flamengo. In: *V Congresso Internacional na Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios*, Cirmare, 2020. Rio de Janeiro, 08-09-10 set. 2020.