XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

O USO DA ILUMINAÇÃO NATURAL COMO DIRETRIZ NOS PROJETOS DE ARQUITETURA ESCOLAR

André Luiz de Souza Silva (1); Jaucele Azerêdo (2)
(1) Arquiteto e Urbanista, andresouza.arquitetura@gmail.com, UFPE, Rua Abdias de Oliveira, nº 315-A, Zumbi, Recife – PE, (81) 99960-3607
2) Doutora, Professora do Departamento de Arquitetura e Urbanismo, jaucele_azeredo@hotmail.com Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto Ambiental, Cidade Universitária, 50780-970, Recife–PE, Tel.: (81) 2126 8771

RESUMO
A iluminação natural faz parte do ciclo de vida do ser humano, podendo ser estudada e compreendida sob aspectos físicos, fisiológicos, psicológicos, arquitetônicos e/ou estéticos. O presente trabalho tratou de um estudo acerca do uso da iluminação natural como elemento-chave para a obtenção do conforto lumínico na arquitetura escolar, investigando possibilidades de otimização de seu uso, mais precisamente, em ambientes de salas de aula. Foi realizado um estudo de caso no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE / Campus Recife. Neste estudo, foram analisadas as condições de iluminação, a partir de medições dos níveis de iluminamento natural e artificial no interior de salas de aula e em pontos a sua proximidade – circulação e jardim interno. Comprovou-se a ineficiência da utilização apenas da iluminação natural nas salas de aula do bloco "B", havendo a demanda pela iluminação artificial para se obter os níveis de iluminação necessários à realização de atividades. Ressalta-se a necessidade de considerar o estudo da iluminação natural ainda em fase de projeto arquitetônico. Para tanto, foram propostas algumas intervenções arquitetônicas que visam otimizar a iluminação natural interna das salas de aula, visando ao conforto lumínico dos usuários e à eficiência energética.
Palavras-chave: iluminação natural, arquitetura escolar, conforto lumínico.

ABSTRACT
Natural lighting is part of the life cycle of the human being, and can be studied and understood under physical, physiological, psychological, architectural and / or aesthetic aspects. The present work dealt with a study about the use of natural lighting as a key element to obtain light comfort in school architecture, investigating possibilities of optimizing its use, more precisely, in classroom environments. A case study was carried out at the Federal Institute of Education, Science and Technology of Pernambuco - IFPE / Campus Recife. In this study, the lighting conditions were analyzed, from the measurements of the levels of natural and artificial illumination in the interior of classrooms and in points of its proximity - circulation and internal garden. It was verified the inefficiency of the use of only natural lighting in classrooms of block "B", with the demand for artificial lighting to obtain the levels of illumination necessary to carry out activities. It is necessary to consider the study of natural lighting still in the phase of architectural design. For that, some architectural interventions were proposed that aim to optimize the internal natural lighting of the classrooms, aiming at the luminous comfort of the users and the energy efficiency.
Keywords: natural lighting, school architecture, light comfort.

1. INTRODUÇÃO

Proveniente do vocábulo em latim *lux,* a luz é o agente físico que permite a percepção visual, sendo essencial para o sentido da visão. Sem luz, seja ela proveniente de fonte natural ou artificial, o olho humano não possui condições de enxergar e de compreender as imagens e os objetos ao seu redor. Sendo assim, a iluminação tem papel extremamente importante em diversas atividades realizadas pelo homem. Basicamente, o ato de ver envolve uma resposta à luz. Em outras palavras, a luz é o elemento mais importante e necessário da experiência visual (DONDIS, 1997). Partindo deste princípio, é possível entender que sem luz, independente da natureza da fonte (natural ou artificial) torna-se praticamente impossível compreender os espaços e visualizar as formas, dimensões, texturas e cores existentes.

Chama-se de luz natural, a luz proveniente do sol, seja em forma direta, através dos raios solares, ou indireta, devido à reflexão da atmosfera com ou sem nuvens (luz difusa), da vegetação, dos edifícios ou outros objetos existentes na superfície da terra (luz refletida) (MASCARÓ, 1983). A soma desses elementos constitui o que se conhece por iluminação diurna ou natural, que é característica de cada região, devido aos movimentos da Terra (rotação e translação), variando de acordo com latitudes, altitudes e as características da abóbada celeste.

Hopkinson, Petherbridge e Longmore (1980) citam que a luz, basicamente, pode ser abordada sob dois aspectos: um puramente físico, no qual pode ser definida e tratada como a banda da energia radiante situada entre determinados comprimentos de onda; e outro de natureza sensitiva, ressaltando aspectos subjetivos relacionados à percepção humana. É importante enfatizar que esses aspectos são para fins de estudo e de aprendizagem, convergindo para a compreensão do conceito de luz e o que ela representa para a humanidade. Sobre os aspectos físicos da luz, de acordo com o Manual de Iluminação da Philips (1981), tem-se que, o conjunto de ondas forma o espectro eletromagnético, que se apresenta em diferentes frequências, entre elas encontram-se as ondas de: rádio, microondas, raios X e a radiação visível ao olho humano. Esta última ocupa somente um intervalo muito pequeno do espectro, sendo de, aproximadamente, 380 a 780 nm (1nm = 10^{-9}m), onde se torna possível, por meio do estímulo da retina, que essa radiação seja perceptível aos olhos humanos.

A importância da iluminação natural no projeto de edifícios foi acentuada nos últimos anos por novos parâmetros de construção e por uma maior liberdade na expressão arquitetural (HOPKINSON; PETHERBRIDGE; LONGMORE, 1980)**.** A luz tem uma atribuição relevante não só do ponto de vista estético e simbólico, mas também no que diz respeito ao conforto ao nível do usuário. Dessa maneira, pode proporcionar efeitos singulares em um determinado espaço, dando-lhe identidade própria, criando aspectos cenográficos e características relevantes marcantes. A relação entre o processo de inovação tecnológica e a evolução da produção arquitetônica é significativa quando a questão tecnológica resulta possível de ser incorporada como fato impulsionador do projeto, sobretudo se está destinada a se converter no discurso ideológico da forma (MASCARÓ, 1990, p.32).

Os níveis de luminosidade estão diretamente atrelados a questões de saúde e de produtividade laboral. Em se tratando do ambiente escolar, especificamente, foco desta pesquisa, quando há deficiências no nível de iluminamento, corre-se o risco de induzir à sensação de sono, à falta de atenção, à dor de cabeça, à lentidão e à fadiga dos alunos. Após a jornada diária de aulas, mesmo tendo ficado sentado a maior parte do tempo, o estudante pode sair exausto da escola. Ressalta-se que, há também a relação com o tipo de atividade executada em sala e com o tipo de aula (expositiva e/ou participativa), da organização e tipo de mobiliário (carteiras), o tempo de aula, dentre outros fatores. De acordo com a Lei nº 9.394/96, aprovada pelo Conselho Federal de Educação, no ano de 1997, é dever das instituições de ensino definir o período de duração das aulas por turno. Entretanto, segundo o Ministério da Educação, é comum a grande maioria das escolas adotar aulas com duração mínima de 45 a 50 minutos, totalizando entre 4 e 5 horas de aula expositiva por turno, o que tende a produzir os sintomas citados anteriormente.

Determinar as atitudes projetuais necessárias para o alcance dos níveis de luminosidade adequados, para a obtenção do conforto lumínico e como desenvolvê-las são os principais problemas encontrados na não obtenção da eficiência luminosa, em grande parte das escolas, na atualidade. No que diz respeito à prática arquitetônica, o domínio do conhecimento das condições climáticas do local é essencial para se obter o máximo de aproveitamento de seus recursos naturais (iluminação, ventilação, recursos hídricos etc.), o conforto para seus usuários e a eficiência energética para a edificação projetada. Visando aproveitar ao máximo a iluminação natural, recomenda-se que sejam realizados estudos na fase inicial do projeto, de modo a analisar questões relativas ao clima da região, à orientação solar, à intensidade da luz, à quantidade de horas de luz por dia, entre outros aspectos. Através do domínio das condições climáticas de determinada localidade, é possível determinar qual a maneira mais eficaz de aproveitar a disponibilidade de luz solar para a iluminação dos ambientes internos à edificação. Nesse sentido, cabe aos projetistas determinar que elementos arquitetônicos possam ser

utilizados de modo a beneficiar os ambientes internos da iluminação natural, à medida que se deseja.

Visando a se projetar com a luz natural, de modo a garantir uma iluminação eficiente na realização de qualquer tarefa e proporcionando um ambiente visual agradável, torna-se necessário conhecer os seus princípios, suas vantagens e desvantagens. Nesse âmbito de discussão, Majoros (1998) cita que, dentre os aspectos positivos da luz natural, pode-se dizer que a qualidade da iluminação obtida é melhor, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural e a constante mudança da quantidade de luz natural no tempo e espaço é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes aos usuários, no ambiente. Um bom projeto de iluminação natural pode fornecer a iluminação necessária durante 80-90% das horas de luz diária para a realização de determinadas tarefas, permitindo uma enorme economia de energia em luz artificial. Todavia, é necessário também, conhecer seus inconvenientes, como direcionalidade e altíssima intensidade; de acordo com Amorim (2002), a maior desvantagem da luz natural é a sua imprevisibilidade.

Rennhackkamp (1964, apud BERTOLOTTI, 2007, p.1) afirma que, "uma vez que a função primordial de um edifício escolar é estimular o processo educacional no seu sentido mais amplo, todos os esforços deveriam ser feitos para fornecer aos estudantes um ambiente educacional adequado e estimulante". Nesse contexto, um bom projeto de iluminação, em prol de um ambiente confortável e visualmente agradável, não deve ser subestimado. Considera-se que a luz natural é importante para a saúde, dessa maneira, tende a influenciar a capacidade e a disposição em aprender (BERTOLOTTI, 2007, p.3). Esse autor cita Plympton (2000) ao apresentar resultados de uma pesquisa realizada por Heschong Mahone (1999), que tratou "com um universo de vinte e um mil estudantes de vários estados norte-americanos". Tal pesquisa demonstrou que "os estudantes que frequentavam escolas com iluminação natural adequada progrediram 20% mais em Matemática e obtiveram 26% melhores resultados em testes de leitura do que estudantes de outras escolas" (PLYMPTON, 2000 apud BERTOLOTTI, 2007, p.3), que não possuíam iluminação natural suficiente nos ambientes internos, dependendo da iluminação artificial durante a maior parte do dia. Esse é um dado que demonstra a importância do uso da iluminação natural como diretriz nos projetos escolares, visando ao conforto lumínico, prioritariamente, ao nível das mesas de trabalho dos usuários.

Se, atualmente, se busca a criação de uma sociedade ecologicamente sustentável, é de extrema importância fazer uso de estratégias e de tecnologias que reforcem e ampliem o uso da luz natural em ambientes arquitetônicos e urbanos, de modo a obter os seus benefícios, visando à eficiência energética, sem perder a qualidade ambiental. Assim, outro importante aspecto a ser considerado quando da utilização de iluminação natural como fonte de luz em edifícios e mais especificamente, em edifícios escolares é o seu enorme potencial de conservação de energia. Dessa maneira, propondo-se, prioritariamente, a utilização da iluminação natural, de modo a alcançar os níveis satisfatórios de iluminação para a realização de tarefas visuais no ambiente de trabalho, e fazendo uso da iluminação artificial apenas quando estritamente necessário, podem-se alcançar valores mínimos de desperdício de energia, sob o âmbito da iluminação. Visando à utilização conjunta de iluminação natural e artificial, há que se considerar, nesse sentido, a separação do sistema de iluminação em circuitos, a disposição de circuitos, os tipos de iluminação (geral, local e/ou de tarefa), a disposição do mobiliário, dentre outros aspectos.

Nesse contexto, a análise das condições atuais de iluminação natural em escolas é relevante para que se possam estabelecer propostas de otimização do sistema nesse tipo de arquitetura, visando projetar ambientes mais salubres e, consequentemente, mais confortáveis aos usuários e eficientes energeticamente. Como objeto empírico de estudo deste trabalho, foram analisadas salas de aula localizadas no bloco B do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE, Campus Recife.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo foi estudar a relação existente entre a iluminação natural e a arquitetura escolar, investigando possibilidades de otimização do uso da luz solar no âmbito das edificações escolares, mais precisamente em salas de aula.

3. MÉTODO

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram utilizados os seguintes procedimentos metodológicos, nas seguintes etapas:

1. Para a compreensão do objeto teórico – realização de pesquisas bibliográficas acerca dos princípios e dos fundamentos da iluminação natural, assim como, estudos sobre a sua relação com a arquitetura escolar;

2. Para a compreensão do objeto empírico – realização de medições do nível de iluminamento de salas de aula do **Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE / Campus Recife**,

através do instrumento luxímetro modelo MLM-1011 - Minipa, visando à comparação ao que é estabelecido por norma vigente. Além das medições, houve registros fotográficos.

Durante a pesquisa, buscou-se evidenciar de forma quantitativa e qualitativa as condições físicas do espaço, observando a distribuição dos ambientes em relação ao movimento aparente do sol, a distribuição do mobiliário, as atividades realizadas, dentre outros aspectos.

4. ESTUDO DE CASO: INSTITUTO FEDERAL DE PERNAMBUCO – IFPE CAMPUS RECIFE

Como forma de analisar o conceito de iluminância e a importância da iluminação natural nos projetos de arquitetura escolar, foi realizado um estudo de caso no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco – IFPE/Campus Recife, localizado no bairro da Cidade Universitária (Figura 1A). Nas dependências do campus, podem ser encontrados laboratórios, salas de aula e de idiomas, biblioteca, quadra poliesportiva, piscina, consultório odontológico e médico para atendimento ambulatorial, bem como setores administrativos internos e de atendimento ao aluno, a fim de viabilizar as atividades acadêmicas.

Os edifícios foram classificados em cinco blocos que vão do "A" ao "F" (Figura 1B), distribuídos em dois pavimentos. A interligação entre os blocos ocorre através de escadas, circulações verticais e horizontais e uma passarela existente entre os blocos "A" e "F". Internamente, os blocos se subdividem da seguinte maneira: o bloco "A" abriga, no pavimento térreo, todos os setores administrativos do Instituto e no pavimento superior, os laboratórios e as salas dos cursos de edificações, eletrônica e eletrotécnica; o bloco "B" é composto por salas de aula distribuídas nos dois pavimentos; no bloco "C", estão localizados os laboratórios e as salas dos cursos de química, mecânica e segurança do trabalho; no bloco "D", localiza-se o pátio interno coberto e o ambulatório, no térreo e, no pavimento superior, a biblioteca e o auditório; o bloco "E" é dividido em dois outros - setor de manutenção em tecnologia da informação, em um dos blocos, e salas de monitoramento de segurança (térreo)/salas de aula e laboratórios do curso de design (pavimento superior), no outro bloco; o bloco "F" possui salas de aula/laboratórios do curso superior em análise e desenvolvimento de sistemas, no térreo, e salas/laboratórios dos cursos de geografia e edificações, no pavimento superior.

O complexo esportivo, localizado nos fundos do terreno, após os blocos administrativos e de atividades escolares, possui dimensões físicas oficiais e recebe diariamente muitos alunos e atletas para a realização de aulas de educação física e treinamento para competições que ocorrem comumente na escola.

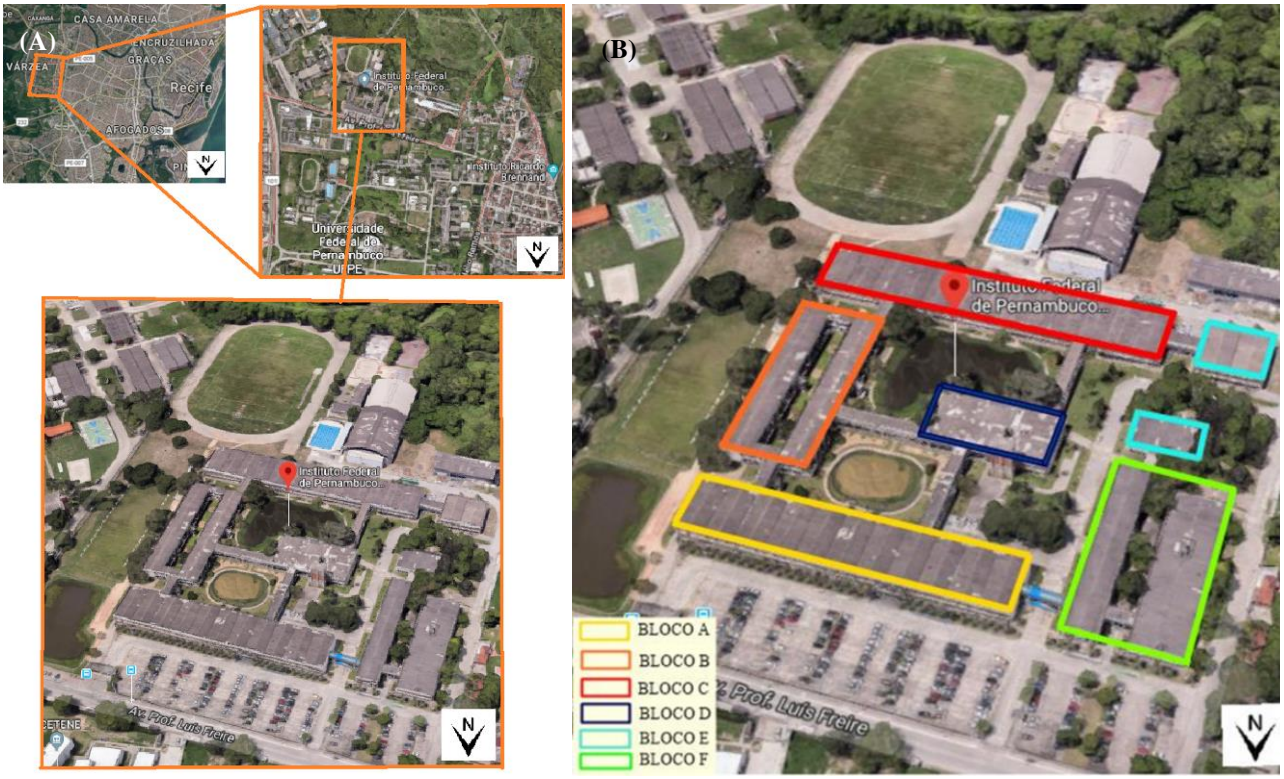

Figura 1 – IFPE Campus Recife: (A) localização; (B) setorização (Adaptado de Google Maps, 2018).

Ao ingressar no IFPE, como aluno na modalidade Ensino Médio articulado ao técnico de forma integrada, o primeiro contato do estudante com as dependências da Instituição ocorre nas salas de aula do bloco

“B”. Nestas salas, são ministradas aulas teóricas expositivas referentes ao conteúdo letivo do ensino médio durante, pelo menos, dois anos.

Em virtude da extensa área edificada dessa escola, optou-se por limitar este estudo às salas de aula desse bloco, essencialmente, expositivas, que possuem o maior fluxo de atividades durante o dia.

O bloco “B” é composto por 34 salas de aula distribuídas em seus dois pavimentos. Para fins desta pesquisa, o bloco “B”, que se divide em dois blocos, foi classificado em “B1” e ”B2” (Figura 2). Entre os dois blocos, há um jardim interno em formato retangular, coberto por grama e composto por algumas árvores de pequeno e de médio porte. Apesar de o jardim poder ser acessado facilmente, não há circulação de pessoas. A divisão por B1 e B2 é meramente esquemática, em função da disposição dos blocos, pois, de acordo com a localização das aberturas laterais que recebem iluminação natural no decorrer do dia, ambos os blocos possuem orientação leste-oeste e as janelas estão presentes apenas nas paredes voltadas para leste. Ressalta-se que, as aberturas do bloco B2 voltam-se para o jardim interno.

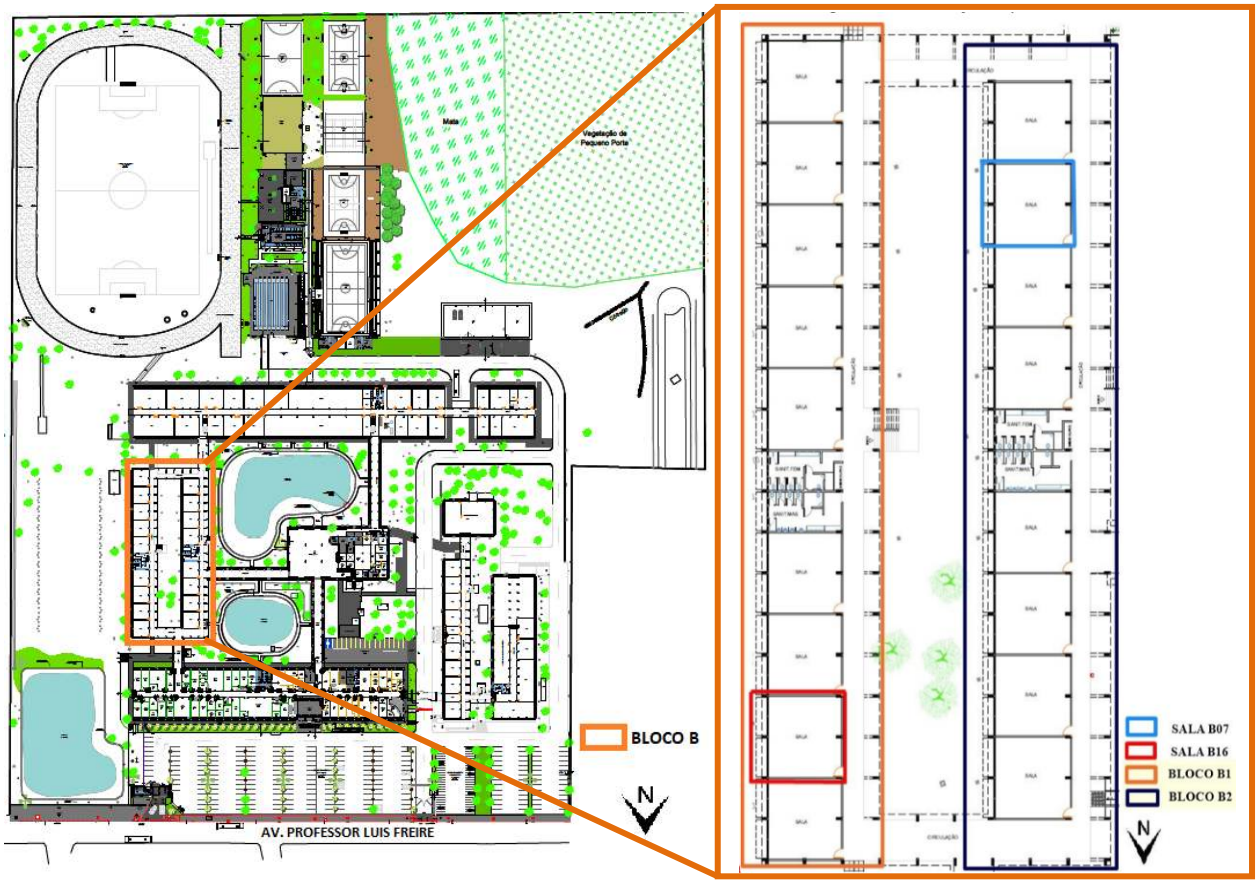

Figura 2 – Planta baixa dos blocos “B1” e “B2”. Em destaque, as salas de aula analisadas (Adaptado de Dpto. de Engenharia – IFPE Recife).

Na Figura 3A podem ser observados os corredores de acesso às salas de aula do Bloco “B”. As salas possuem capacidade para até quarenta alunos, sendo compostas por até 40 carteiras escolares (com “braço” de apoio) de material plástico na cor azul e de estrutura metálica, duas lousas de vidro e um birô para professor. Entretanto, algumas salas possuem menos carteiras que outras, a depender da quantidade de alunos para a aula. O revestimento interno (Figura 3B) é composto por: piso em granilite na cor cinza; paredes revestidas com ½ azulejo 10x10 e ½ parede emassada e pintada com tinta na cor branca; teto de laje emassada e revestida com tinta na cor branca.

Até meados de 2014, as salas de aula do bloco B possuíam uma abertura superior nas paredes voltadas para oeste. Estas foram vedadas com cimento ou gesso (Figura 3C), devido à instalação de aparelhos condicionadores de ar, do tipo Split, em todas as salas do bloco, entre os anos de 2014 e 2015.

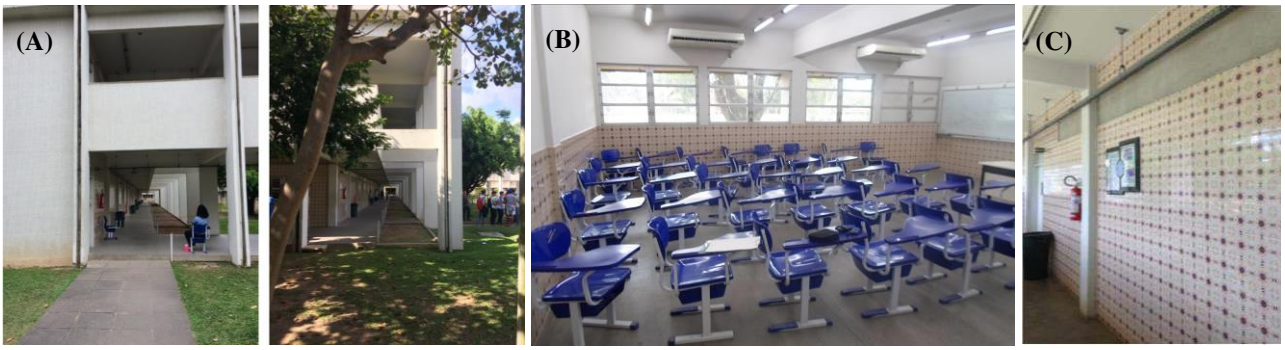

Figura 3 – Vistas do Bloco “B”: (A) corredores de acesso; (B) vista interna de uma sala de aula; (C) vedação de abertura superior nas paredes voltadas para oeste (Fotos: André Souza, 2018).

As aberturas laterais são compostas por quatro conjuntos de janela do tipo basculante com três folhas cada, estrutura em alumínio e sem nenhum tipo de película para filtrar a radiação UV. Entretanto, o conjunto de janelas localizado próximo às lousas foi revestido com tinta na cor branca (Figura 3B). Em conversa com funcionários sobre a finalidade deste revestimento, foi informado que, a partir da instalação dos aparelhos condicionadores de ar, essa foi uma medida determinada pela direção da escola para todas as salas de aula do bloco “B”, porém, não informaram qual o intuito da pintura. Pressupõe-se que foi em virtude da incidência da iluminação natural sobre as lousas, que produziria ofuscamento.

Com relação à iluminação artificial, as salas são compostas por vinte lâmpadas fluorescentes tubulares de 32w cada, distribuídas em quatro fileiras formadas por cinco lâmpadas. As salas possuem três disjuntores para o acionamento dos circuitos, o que não ocorre de maneira uniforme em todas elas. Em algumas, a exemplo da sala B07, um dos disjuntores aciona as duas primeiras fileiras de lâmpadas (próximas às lousas de vidro) ao mesmo tempo, enquanto os outros dois acionam o restante das lâmpadas. A disposição das luminárias é perpendicular às aberturas laterais, no mesmo sentido de propagação da luz natural no interior das salas, o que dificulta a busca pela eficiência energética (Figura 4).

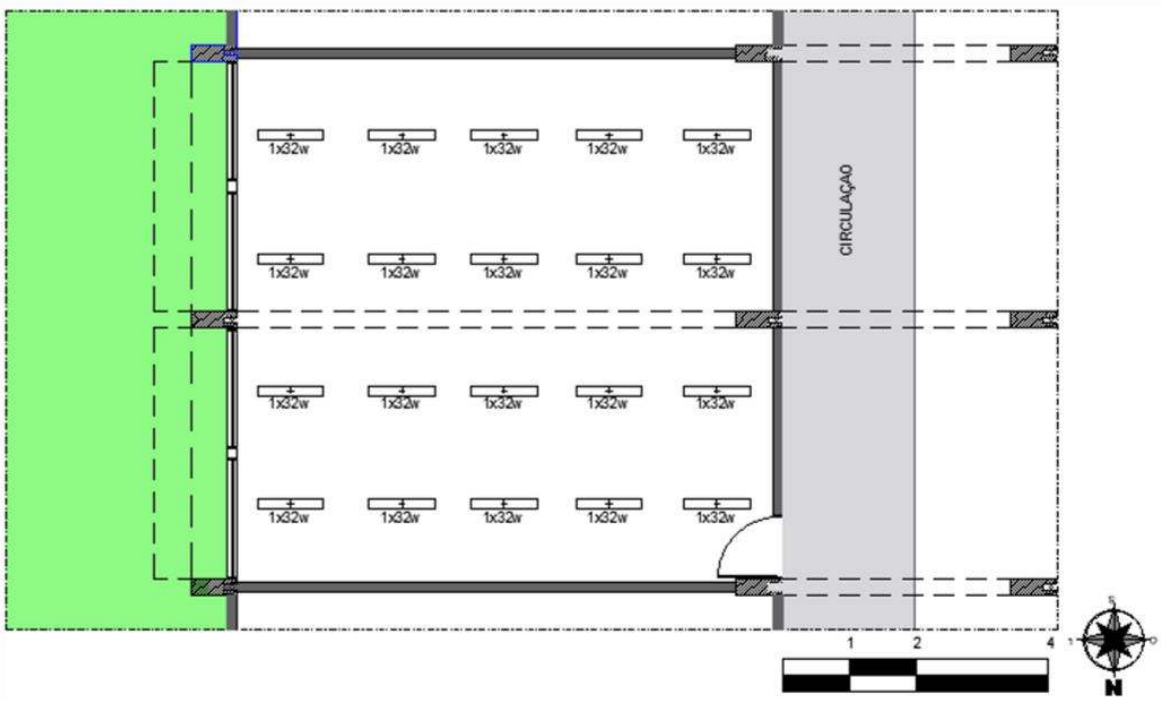

Figura 4 – Distribuição dos circuitos de iluminação artificial na sala B07.

As medições dos níveis de iluminância nas salas de aula do bloco “B” do IFPE foram realizadas durante o mês de setembro de 2018, mais especificamente na semana em que ocorreu o equinócio de primavera no hemisfério Sul (22 de setembro). Para nortear o processo de verificação da iluminância no interior das salas foi utilizada a norma ABNT NBR ISO/CIE 8995-1/2013 (Iluminância de ambientes de trabalho) e a NBP 15215–4/2004. Nelas, são especificados os requisitos de iluminação para locais de trabalho internos e os requisitos para que as pessoas desempenhem tarefas visuais de maneira eficiente, com conforto e

segurança durante todo o período de trabalho.

Foram escolhidos três horários de medição, de acordo com o ângulo de inclinação de incidência solar: entre 07:00 e 08:00 horas da manhã, entre 11:00 e 12:00 e entre 15:00 e 16:00 horas. Para fins comparativos de análise, duas situações recorrentes de tempo atmosférico e situação da abóbada celeste na cidade do Recife foram utilizadas, como critério básico para a escolha dos dias de medições: a primeira, foi a de céu parcialmente encoberto por nuvens, configurando um dia "ensolarado" e sem pancadas de chuva, o que geralmente se apresenta no Recife; a segunda é de o céu encoberto configurando um dia "nublado" e com a presença de chuva em partes do dia (MASCARÓ, 1983). As medições foram realizadas entre os dias 19 e 22 de setembro de 2018. Nos dias 19 e 20 de setembro foram medidos os níveis de iluminância para a situação de céu encoberto; já no dia 22 de setembro os níveis de iluminância para a situação de céu parcialmente encoberto. O aparelho utilizado nas medições foi o luxímetro digital modelo MLM-101, marca Minipa. Foram realizadas medições a partir da utilização restrita à iluminação natural (circuitos elétricos desligados), como também, com a utilização conjunta da natural e artificial, nas salas de aula.

De acordo com o especificado pelas normas, foi definida uma malha de 1m x 1m (Figura 5), a partir da maior dimensão das salas, tanto do bloco B1 quanto do bloco B2. A determinação do número mínimo de pontos (n) foi definida na relação (d/p) entre a maior dimensão das salas (d = 8 metros) e a largura da malha (p = 1 metro), obtendo-se oito como número mínimo de pontos. Entretanto, foram estipulados nove pontos de medições sobre as carteiras, pois este número traria uma quantidade mais precisa de pontos dispostos simetricamente nas salas. Foi considerada a faixa marginal de 0,5m de largura e definidos, no total, treze pontos de medições internos às salas, sendo nove destes sobre as carteiras dos alunos (P1 a P9) e quatro nos pontos extremos dos eixos estruturais das salas (Px,Py,Pz,Pw), localizados na faixa marginal. Além disso, também foram realizadas medições em pontos dos corredores de circulação dos dois blocos (PC1, PC2 e PC3) e no jardim localizado entre os blocos (PJ1, PJ2 e PJ3). O luxímetro foi posicionado a 0,75m do piso, para a realização de medições nos ambientes externos. Nos ambientes internos foi posicionado sobre as mesas de trabalho – carteiras dos alunos e sobre o birô do professor. Ao todo, foram medidos 22 pontos, entre ambientes internos e externos.

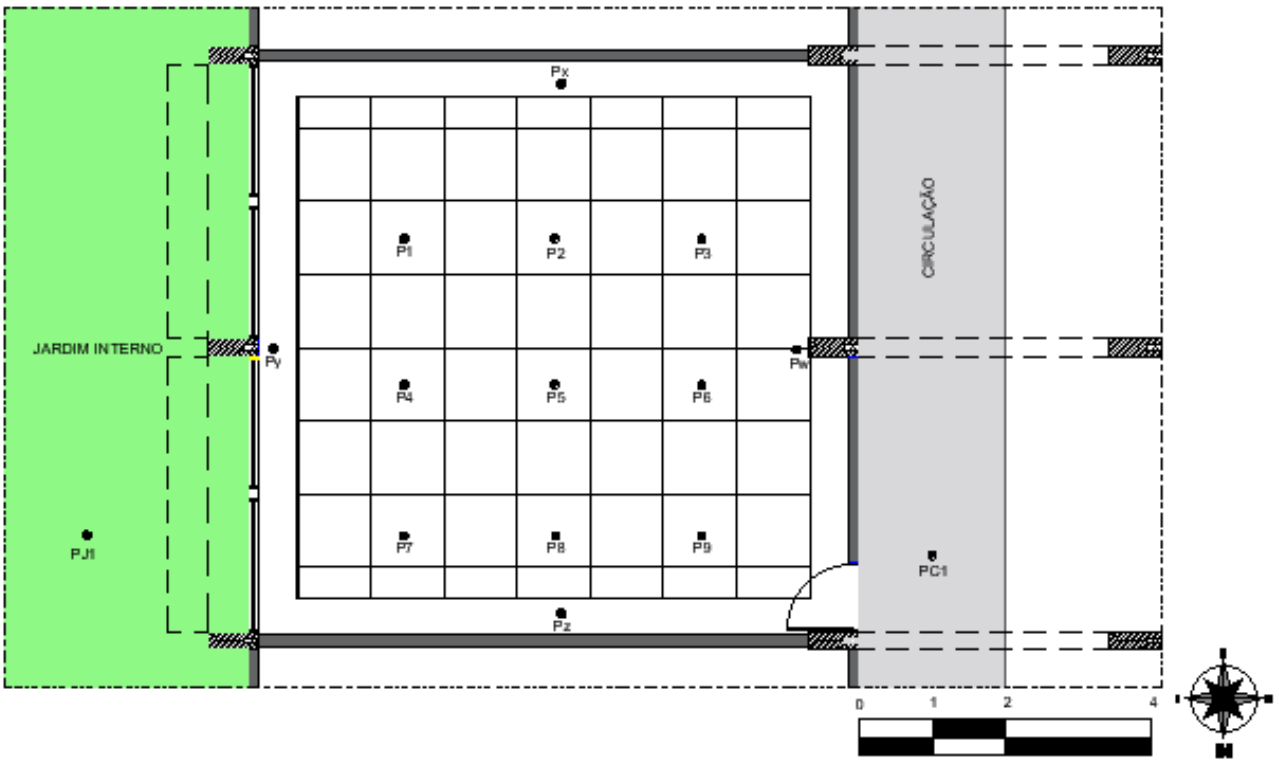

Figura 5 – Malha estabelecida pela norma NBR ISO/CIE 8995-1/2013, para determinar os pontos de medição do nível de iluminamento.

5. ANÁLISE DE RESULTADOS

A partir das medições dos níveis de iluminamento nos pontos específicos das salas de aula, foi possível realizar a comparação entre os valores encontrados e os recomendados em norma (ABNT NBR ISO CIE 8995-1/2013 e NBR 15215-4/2004), de acordo com o tipo de tarefa realizada. Essas normas recomendam a iluminância média de 500 lux para áreas de tarefa, onde ficam localizadas as carteiras dos alunos, mesa e cadeira do

professor.

A análise realizada neste estudo foi desenvolvida sob três perspectivas: a primeira, visual e perceptiva, verificou o déficit nos níveis de iluminação natural nas salas de aula do bloco "B" do IFPE (em diversos horários e condições distintas de céu); a segunda, também voltada para a percepção visual, observou os efeitos da mudança da incidência solar direta e indireta na dinâmica dos espaços externos e nas escolhas dos usuários; a terceira, quantificou os níveis de iluminância no interior e no exterior das salas e avaliou graficamente sua condição.

No primeiro contato com as salas de aula, foi possível observar que, em nenhum horário do dia, a iluminação exclusivamente natural seria suficiente para atingir o nível de iluminância ideal recomendado pelas normas (Figura 6). Além da orientação, esse fato deve-se à profundidade das salas em relação à abertura lateral, única fonte de captação de luz natural. Apesar da quantidade e das dimensões das janelas, que preenchem boa parte da parede leste das salas, as zonas mais afastadas dessas aberturas são muito pouco iluminadas para as atividades desempenhadas no interior das salas de aula, o que implica na necessidade de utilização de iluminação artificial em grande quantidade, mesmo durante dias ensolarados.



Figura 6 – Iluminações na sala de aula. (A) natural; (B) natural e artificial (Fotos: André Souza, 2018).

Após a análise do objeto de estudo, foi possível constatar quantitativamente, através das medições dos níveis de iluminância, como a iluminação apenas natural e a iluminação natural/artificial interferem na qualidade da percepção visual do ambiente e, consecutivamente, no conforto dos usuários, bem como, no desempenho do aluno. Os valores registrados durante as medições foram apresentados em tabelas e em gráficos de isolux, a fim de facilitar a análise dos dados. Dessa forma, foi possível estabelecer a relação entre o ambiente externo, a abertura lateral (janelas) e o ambiente interno. A Tabela 1 e a Figura 7 apresentam os resultados das medições do dia 22 de setembro de 2018.

Tabela 1 – Níveis de iluminância (lux) – Sala B07/Bloco B2 (André Souza, 2018).

LOCAL / CONDIÇÃO		PERÍODO		CÉU PARCIALMENTE ENCOBERTO													
SALA B07	ILUMINAÇÃO APENAS NATURAL	DIA	HORA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	E média	Px	Py	Pz	Pw
		22 SET	08 h	136	108	57	110	96	80	142	75	49	94	048	115	108	65
			12 h	142	60	32	135	36	30	144	100	87	85	051	121	119	28
			15 h	315	113	106	372	167	104	332	107	103	191	048	065	120	104
	ILUMINAÇÃO NATURAL E ARTIFICIAL	DIA	HORA	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	E média	Px	Py	Pz	Pw
		22 SET	08 h	710	602	515	770	625	564	704	609	627	636	428	349	422	361
			12 h	673	563	533	723	565	524	643	519	496	582	432	370	413	373
			15 h	673	583	590	796	592	542	730	554	516	619	487	350	490	355

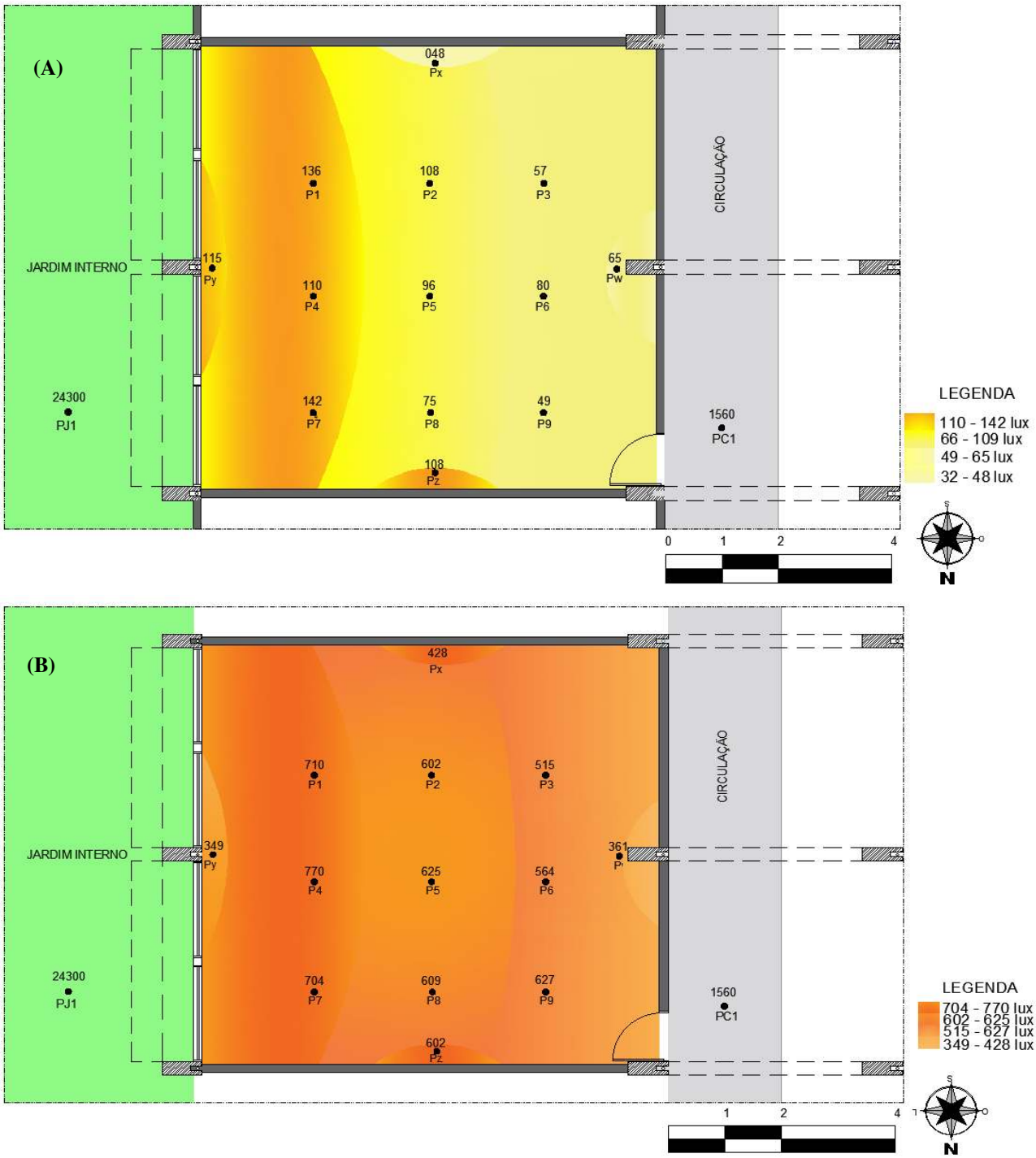

Figura 7 – Gráficos de Isolux - Sala B07, 22 Set 2018, 08h00: (A) iluminação natural; (B) iluminação natural e artificial (André Souza, 2018).

Em suma, as curvas de isolux apresentaram comportamento análogo para os valores encontrados nos diferentes dias de medição, com valores mais altos sempre próximos às janelas e mais baixos próximos as paredes voltadas para oeste nas salas de aula, para as duas situações de abóbada celeste estabelecidas como referência.

Observa-se que o menor valor do nível de iluminância para a sala B07, quando iluminada apenas naturalmente, em um dia de céu parcialmente encoberto, foi registrado ao meio dia, igual a 30 lux, em P6. Isso se deve ao fato das aberturas laterais receberem pouca incidência solar direta neste horário. Esta situação é válida para todas as salas do bloco B2, contrariamente ao que ocorre no bloco B1. Com relação à utilização conjunta da iluminação artificial e natural no interior nas salas, a faixa dos valores registrados foi maior (variação de 515 e 770 lux, para a área de trabalho – sobre as carteiras – e entre 349 e 602 lux para a faixa marginal. Muitos valores foram próximos aos estabelecidos pelas normas, mas com algumas peculiaridades em algumas salas, tal como ofuscamento ou insuficiência na iluminação devido ao estado dos conjuntos

lâmpadas/luminárias.

Visando ressaltar a importância da iluminação natural em salas de aula, por questões de salubridade, eficiência energética e conforto ao nível do usuário, foram elencadas algumas propostas de intervenções arquitetônicas que visam otimizar os níveis de iluminação natural no interior das salas de aula. Para os ambientes internos, recomendam-se: substituição das carteiras por outra de coloração mais clara; substituição dos azulejos presentes nas paredes internas por revestimento em tinta na cor branca, a fim de melhorar a reflexão, seguindo o padrão que já existente em metade das paredes ou substituição dos azulejos por outros de cores claras; mudança do tipo de esquadrias; mudança da área das esquadrias e vidros; instalação de prateleiras de luz nas paredes leste, acima das janelas existentes; reabertura dos vãos das paredes oeste e preenchimento com vidros transparentes. Para os ambientes externos, houve as seguintes propostas: inserção de vegetação arbórea nas áreas próximas aos corredores dos blocos B1 e B2; inserção de vegetação arbórea nas áreas próximas aos lagos; tratamento do jardim interno entre os blocos B1 e B2, com a inserção de vegetação arbustiva de médio e de pequeno porte; instalação de caramanchões (pérgolas e vegetação), criando e delimitando áreas de estar de permanência prolongada. As propostas para o ambiente externo visaram ao controle da quantidade de radiação recebida pelos usuários e pelas edificações próximas.

6. CONCLUSÃO

Enfatiza-se a relevância da iluminação natural e de como ela pode influenciar a percepção dos indivíduos sobre o espaço, através da possibilidade de realçar o brilho e as cores dos objetos, transformar um espaço, permitir que as pessoas visualizem, se movimentem com segurança e tenham um bom desempenho nas atividades. Desse modo, no momento da realização do projeto, o arquiteto deve considerar a integração entre tipos distintos de fontes de luz. Nesse caminho, é imprescindível o conhecimento técnico acerca das propriedades da luz, bem como dos equipamentos relativos à iluminação natural e iluminação artificial. Cada componente dos sistemas de iluminação natural e artificial tem desempenho e qualidades diferentes, que dependem do tipo de tecnologia aplicada na sua fabricação.

A análise aqui apresentada serviu para comprovar quantitativamente a ineficiência da iluminação apenas natural nas salas de aula do bloco "B" do IFPE Campus Recife, e chamar a atenção à oferta de radiação solar na cidade do Recife, ao longo do ano, que pode ser mais bem aproveitada nesses ambientes, visando à eficiência energética. Assim, ressalta-se a necessidade de utilização da iluminação artificial em conjunto com a natural, a fim de garantir o nível de iluminamento adequado das salas de aula do bloco "B".

Destaca-se ainda que, para uma maior precisão na formulação de propostas de intervenção arquitetônica que visem à otimização dos níveis de iluminação natural em ambiente internos e externos, sugerida como forma de continuidade dessa pesquisa ou para outras pesquisas relacionadas à vertente da iluminação natural em escolas, a avaliação de outras grandezas fotométricas (como a luminância) e a análise do comportamento da iluminação durante vários dias e estações do ano, mesmo que com características parecidas, tornam-se necessárias.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15215-4**: Iluminação Natural – Parte 4: verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Método de medição. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO/CIE 8995**-1 Iluminação de ambientes de trabalho. Rio de Janeiro, 2013.

AMORIM, C.N.D. **Desempenho térmico de edificações e simulação computacional no contexto da arquitetura bioclimática**: Estudo de caso na região de Brasília. Dissertação de mestrado. Programa de Pós-Graduação da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, UnB, Brasília, 1998.

BERTOLOTTI, Dimas. **Iluminação em projetos de escolas**: uma proposta de metodologia para melhorar a qualidade da iluminação e conservar energia. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BRASIL. Ministério da Educação. **Parecer CNE/CES nº261/2006**. Dispõe, dentre outros pontos, sobre a duração de hora-aula. Disponível em: < http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf_legislacao/superior/legisla_superior_parecer261.pdf>. Acesso em: outubro de 2018.

DONDIS, Donis A**. Sintaxe da linguagem visual**. São Paulo: M. Fontes, 1997.

HOPKINSON, R. G; PETHERBRIDGE, P.; LONGMORE, J. **Iluminação natural**. Fundação Calouste, 2ed. São Paulo, 1980.

MAJOROS, András**. Daylighting.** PLEA Notes, Note 4. PLEA in Association with Department of Architecture, the University of Queensland.Edited by S.V.Szokolav. 1998.

MASCARÒ, Lucia R. **Luz, clima e arquitetura**. Editora Nobel. São Paulo, 1983.

PHILIPS. **Manual de iluminação**. Eindhoven, Holanda: Philips Lighting Division, 3° edição. 1981.