

Conforto Ambiental e Eficiência Energética para a reciclagem do edifício IPASE-PB:
Subsídios para o desenvolvimento de alternativas de uso habitacional

Eliana Costa Lima
Prof^a Dr^a Solange Maria Leder
Orientadora

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ARQUITETURA
COORDENAÇÃO DE ARQUITETURA E URBANISMO

**CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A RECICLAGEM DO EDIFÍCIO
IPASE-PB: SUBSÍDIOS PARA O DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS DE USO
HABITACIONAL**

ELIANA F. COSTA LIMA

JOÃO PESSOA – PB
2011

ELIANA F. COSTA LIMA

**CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A
RECICLAGEM DO EDIFÍCIO IPASE-PB: SUBSÍDIOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS DE USO HABITACIONAL**

Trabalho Final de Graduação apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal da Paraíba, no período 2011.2, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de arquiteto urbanista.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Solange Leder

JOÃO PESSOA – PB
2011

ELIANA F. COSTA LIMA

**CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA PARA A
RECICLAGEM DO EDIFÍCIO IPASE-PB: SUBSÍDIOS PARA O
DESENVOLVIMENTO DE ALTERNATIVAS DE USO HABITACIONAL**

Aprovada em _____

BANCA EXAMINADORA

Profª Drª Solange Maria Leder
(Orientadora)

Profª Drª Angelina Dias L. Costa
(Examinador)

Profª Dr. Francisco A. Gonçalves da Silva
(Examinador)

Ao meu paiho dedico:

Por todo amor, proteção, por tudo que sou, e acima de tudo, por se fazer presente até hoje e sempre, através dos ensinamentos que me deixastes. Hoje, além de pai, tenho também um anjo lindo que cuida de mim lá de cima, assim como fez aqui na terra. Sei que você não acabou, porque sou a sua continuidade. Você sem dúvida é meu maior exemplo de caráter, sabedoria, lealdade e amor.

Agradecimentos

À Deus, por me abençoar com mais esta oportunidade, concedendo-me saúde, tranquilidade, determinação, perseverança e clareza de entendimento em todos os momentos desta caminhada. Por me dar força quando pensava que não iria conseguir.

*Aos meus pais **Luiz da Costa Lima** (in memóriam), meu exemplo e **M^a das Dores da Costa Lima**, minha fortaleza. Por revestirem minha existência de incondicional amor. Por abrirem as portas do meu futuro, iluminando o meu caminho com a luz mais brilhante que puderam encontrar. Por sacrificaram seus sonhos em favor dos meus. Por mesmo nas horas em que meus ideais pareciam distantes e inatingíveis, acreditaram em mim.*

*Às minhas irmãs **Elaine** e **Edjane**, por sempre estarem ao meu lado. Por mesmo nos momentos de dificuldade, conseguirem manter a chama acesa do amor que nossos pais nos ensinaram. Quero dizer-lhes o quanto vocês precisam existir na minha vida. Nossa união está além das palavras e só o coração pode falar de forma mais bela.*

*À **Anízio** e **Ednice**, a família que Deus me permitiu escolher. Agradeço-lhes por todo apoio nos momentos difíceis, por todos os momentos de alegria que vivemos juntos, por tudo. As páginas deste trabalho não seriam suficientes para expressar todo meu amor e minha gratidão a vocês. É claro, não poderia esquecer do meu pequeno Endriuv que está tornando meus dias mais felizes e renovadores. E ainda, a minha princesinha Endra que está chegando pra completar nossa felicidade.*

*À Professora **Solange Leder**, por sua competente orientação, seu apoio, a sua constante disponibilidade, estímulo transmitido e sua amizade.*

*À amiga **Maiara Dutra**, com quem dividi as conquistas, alegrias e angústias ao longo do curso, agradeço pela amizade, pelas noites acordadas e estudos compartilhados.*

*Ao professor **Ovídio Carlos** pela força transmitida nos momentos de dificuldade, por me fazer acreditar que tudo dará certo, por todos os ensinamentos e acima de tudo pela sua amizade e paciência reveladas ao longo do tempo.*

*Aos **professores** do Departamento de Arquitetura, por toda dedicação e ensinamentos transmitidos.*

*À equipe da **SEMHAB**, pela atenção prestada e material cedido.*

*A todos os meus colegas de curso e amigos mais próximos, em especial a **Vanessa Maria** e **Erika Diniz** pelo apoio e pela partilha de conhecimentos e de experiências.*

*E a todos **aqueles** que de perto ou de longe contribuíram para este trabalho e nunca deixam de acreditar na mudança, e, principalmente, de trabalhar para que ela aconteça.*

“Mudam-se os tempos, mudam-se as vontades, muda-se o ser, muda-se a confiança; todo o mundo é composto de mudança, Tomando sempre novas qualidades.”

(Luis Vaz de Camões)

RESUMO

Ao observarmos o atual cenário brasileiro que apresenta uma produção em larga escala de novas unidades habitacionais destinadas a famílias de baixa renda, incentivada pelo Governo Federal em parceria com os Estados e os Municípios, ressalta-se que os programas designados a construção de habitações de interesse social (HIS) vem implementando em todo território nacional estas habitações de forma padronizada, sem haver uma maior preocupação com especificidades regionais, principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental e o desempenho energético das moradias. Em João Pessoa, não diferente do que vem acontecendo no âmbito nacional, também se percebe um aumento expressivo na construção de novas habitações, como também na reabilitação e reutilização de imóveis de interesse cultural para uso de HIS, entre os quais muitos edifícios modernistas, como é o caso do antigo Edifício do IPASE-PB, cuja adaptação para HIS está sendo, neste momento, estudada pela Secretaria Municipal de Habitação (SEMHAB). Neste panorama, o objetivo geral do presente trabalho é configurar uma estratégia metodológica de análise das condições de conforto ambiental, relativas à iluminação e à ventilação natural e à eficiência energética, conforme o RTQ-R, tendo como objeto de estudo uma das alternativas de unidade habitacional estudadas pela SEMHAB dentro do referido projeto de reciclagem do edifício IPASE-PB para fins de HIS. A metodologia adotada para a verificação do desempenho da iluminação e ventilação natural foi a de simulação computacional com os softwares Daysim e DesignBuilder, respectivamente. Para a análise da eficiência da envoltória foi utilizado o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência de Edificações Residenciais. Os resultados obtidos mostraram que a estratégia metodológica de análise desenvolvida neste trabalho apresentou-se adequada, podendo ser utilizada complementarmente ao desenvolvimento de alternativas para a reciclagem do edifício IPASE-PB, seja para fins de HIS ou outro uso.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Carta bioclimática adequada para o Brasil.....	30
FIGURA 2	Trocas higrótérmicas entre o homem e seu entorno	31
FIGURA 3	Trocas de calor - fechamentos opacos	32
FIGURA 4	Trocas de calor -fechamentos transparentes ou translúcidos	32
FIGURA 5	Classificação geral dos componentes de condução e de passagem.....	37
FIGURA 6	Determinação de H_m	40
FIGURA 7	Malha de pontos para medições	40
FIGURA 8	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia.	47
FIGURA 9	Carta Bioclimática para João Pessoa-PB.....	49
FIGURA 10	Zoneamento Bioclimático Brasileiro.	49
FIGURA 11	Zoneamento Bioclimático 8.	49
FIGURA 12	Carta Bioclimático para o Brasil adaptada a partir de Givoni	50
FIGURA 13	Aberturas em beirais para ventilação.	50
FIGURA 14	Mapa do Brasil com as seis regiões climáticas	51
FIGURA 15	Interface gráfica do DesignBuilder	55
FIGURA 16	Interface gráfica do Daysim	56
FIGURA 17	Residencial Umbu, na cidade de Porto Alegre – RS.....	59
FIGURA 18	Edifício Fernão Sales, São Paulo-SP	59
FIGURA 19	Fachada do edifício Rizkallah Jorge; b) Apartamento do tipo estúdio.....	60
FIGURA 20	Antigo Hotel São Paulo, na capital paulista.....	61
FIGURA 21	Mapa de João Pessoa com ampliação dos arredores do Parque Solon de Lucena e localização do Edifício Sede do IPASE.....	63
FIGURA 22	Edificações do entorno do Edifício IPASE.....	63
FIGURA 23	Edifício Sede do IPASE no final dos anos 1950	64
FIGURA 24	a) Locação do IPASE; b) volumetria	65
FIGURA 25	a) Edifício IPASE – fachada leste; b) Edifício IPASE – fachada norte. Fonte: Acervo próprio.....	66
FIGURA 26	Carta Solar. a) Posição da fachada leste; b) Posição da fachada norte.....	66
FIGURA 27	a) Rosa dos ventos de João Pessoa, velocidade e direção para ventos a 10 m acima da superfície.	67
FIGURA 28	Intensidade dos ventos que chegam ao Edifício Sede do IPASE.....	67
FIGURA 29	Planta Baixa térrea e pavimento tipo do Edifício Sede do IPASE.....	68

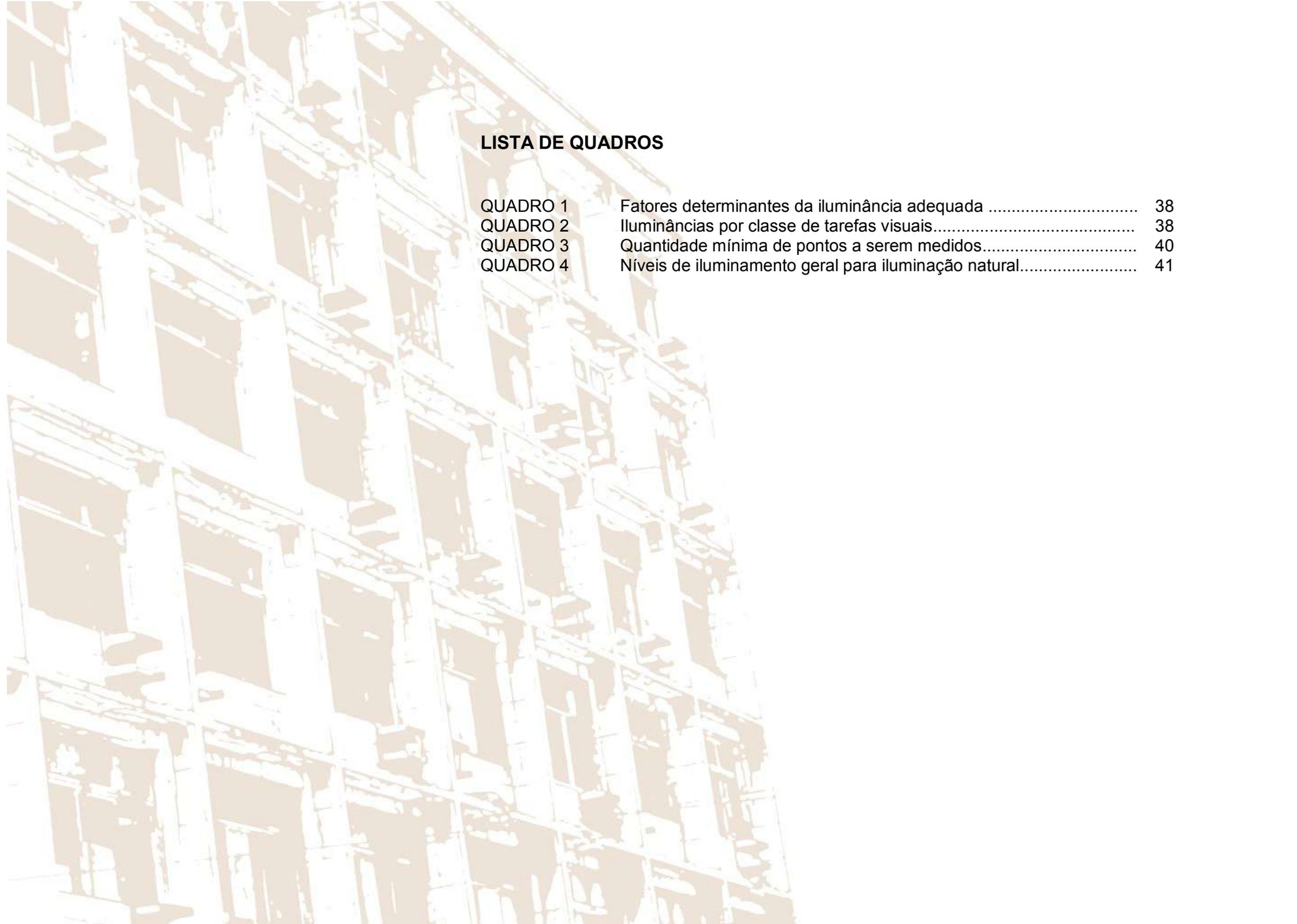
FIGURA 30	Edifício IPASE – fachada sul.....	69
FIGURA 31	a) Janela da fachada norte; b) Janela da fachada leste	70
FIGURA 32	Fluxograma dos procedimentos metodológicos	73
FIGURA 33	Indicação do módulo da unidade habitacional.	77
FIGURA 34	Modelo 3D das propostas A e B	77
FIGURA 35	Modelo 3D das propostas C, D e E.	78
FIGURA 36	Pavimento tipo com a disposição das unidades habitacionais (UH), circulação e indicação das aberturas do corredor	79
FIGURA 37	Distribuição dos pontos de sensores na proposta “A”	81
FIGURA 38	Distribuição dos pontos de sensores do pavimento tipo	81
FIGURA 39	Modelagem do edifício do IPASE e entorno construído no DesignBuilder.....	82
FIGURA 40	Curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a proposta “A”	91
FIGURA 41	Curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a proposta “B”	91
FIGURA 42	Curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a proposta “C”	91
FIGURA 43	Curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a proposta “D”	92
FIGURA 44	Curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a proposta “E”	92
FIGURA 45	Curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a circulação do pavimento tipo proposto.....	93
FIGURA 46	curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a sala da situação original.....	94
FIGURA 47	curvas isolinhas (<i>Daylight Autonomy</i>) para a circulação da situação original do pavimento tipo.....	94
FIGURA 48	Diagrama das classificações máximas possíveis segundo os pré- requisitos.....	103
FIGURA 49	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a circulação do pavimento tipo original.....	104
FIGURA 50	Classificação das unidades habitacionais quanto a eficiência energética..	105
FIGURA 51	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para as unidades habitacionais do pavimento tipo.....	108

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Distribuição percentual do déficit habitacional no Brasil e nos estados faixas de renda média familiar mensal, segundo dados da FJP da região nordeste por faixas de renda média familiar mensal, segundo dados da FJP – 2007.....	24
TABELA 2	Programas vinculados ao Ministério das Cidades	27
TABELA 3	Áreas de abertura das fachadas	71
TABELA 4	Especificações gerais das habitações	75
TABELA 5	Dados de entrada para modelos sem proteção solar	80
TABELA 6	Dados de entrada para modelos com proteção solar	81
TABELA 7	Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas	84
TABELA 8	Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área de piso.....	85
TABELA 9	Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zona Bioclimática 8.....	87
TABELA 10	Coeficientes da Equação 04	88
TABELA 11	Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.....	89
TABELA 12	Equivalente Numérico (EqNum) para cada nível de eficiência	89
TABELA 13	Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância dos componentes..	101
TABELA 14	Definição das áreas de ventilação.....	102
TABELA 15	Definição das áreas de iluminação natural nos ambientes de permanência prolongada.....	103
TABELA 16	Características do sistema de iluminação artificial empregado.....	106
TABELA 17	Pontuação obtida com as bonificações.	107

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1	Distribuição percentual do déficit habitacional no Brasil por faixas de renda média familiar mensal, segundo dados da FJP – 2007.....	24
GRÁFICO 2	Consumo nacional de energia elétrica por classe	45
GRÁFICO 3	Estrutura do mercado por principais classes de consumo - Novembro de 2007	45
GRÁFICO 4	Consumo total de energia (GWh)	46
GRÁFICO 5	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto 1 da proposta A.....	96
GRÁFICO 6	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto 2 da proposta A.....	96
GRÁFICO 7	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para sala/cozinha/área de serviço da proposta A.....	96
GRÁFICO 8	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto 1 da proposta B.....	97
GRÁFICO 9	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto 2 da proposta B.....	97
GRÁFICO 10	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta B.....	97
GRÁFICO 11	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto 1 da proposta C.....	97
GRÁFICO 12	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto 2 da proposta C.....	97
GRÁFICO 13	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta C.....	97
GRÁFICO 14	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para o quarto da proposta D.....	98
GRÁFICO 15	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta D.....	98
GRÁFICO 16	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta E.....	98
GRÁFICO 17	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a circulação do pavimento tipo proposto.....	99
GRÁFICO 18	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para a circulação do pavimento tipo original.....	100
GRÁFICO 19	Renovação do ar (m ³ /h/pessoa) para da situação original do pavimento.....	100

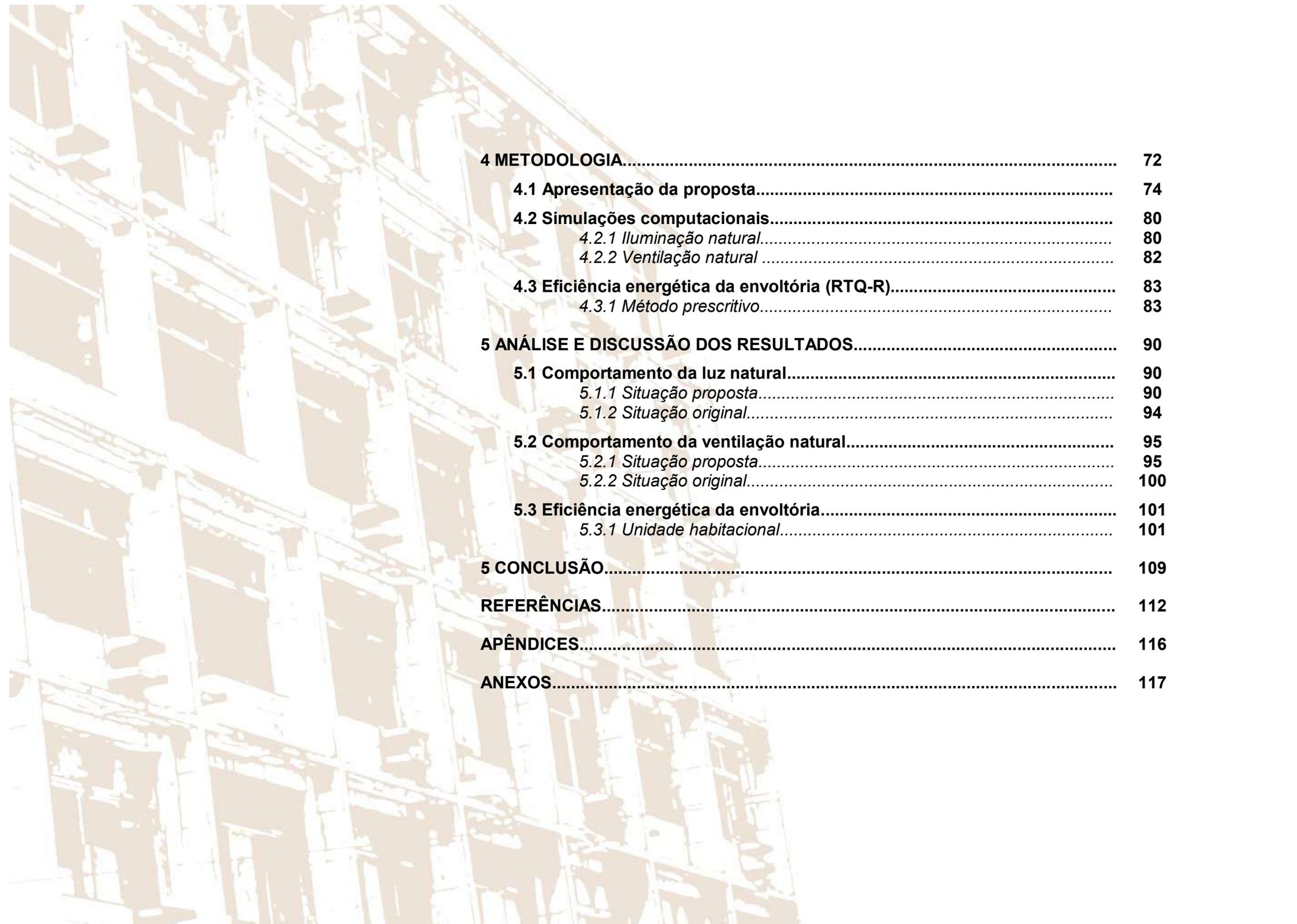


LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Fatores determinantes da iluminância adequada	38
QUADRO 2	Iluminâncias por classe de tarefas visuais.....	38
QUADRO 3	Quantidade mínima de pontos a serem medidos.....	40
QUADRO 4	Níveis de iluminamento geral para iluminação natural.....	41

SUMÁRIO

RESUMO.....	6
LISTA DE FIGURAS.....	7
LISTA DE TABELAS.....	9
LISTA DE GÁFICOS.....	10
LISTA DE QUADROS.....	11
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	22
2.1 Considerações sobre a Habitação Social no Brasil.....	22
2.1.1 <i>Déficit habitacional brasileiro.....</i>	23
2.1.2 <i>Política nacional de habitação.....</i>	26
2.2 Conforto ambiental.....	28
2.2.1 <i>Conforto térmico.....</i>	29
2.2.2 <i>Conforto visual.....</i>	35
2.4 A questão energética na habitação.....	43
2.4.1 <i>O consumo de energia no setor.....</i>	44
2.4.2 <i>Legislação brasileira de eficiência energética</i>	46
2.5 Arquitetura e estratégias bioclimáticas.....	48
2.6 Ferramentas de apoio ao projeto - simulação computacional.....	53
2.6.1 <i>DesignBuilder.....</i>	54
2.6.2 <i>Daysim.....</i>	56
2.7 Retrofit como ferramenta de atualização das edificações.....	57
2.7.1 <i>Referências de processos de retrofit.....</i>	58
3 O ANTIGO EDIFÍCIO DO IPASE-PB.....	63



4 METODOLOGIA.....	72
4.1 Apresentação da proposta.....	74
4.2 Simulações computacionais.....	80
4.2.1 <i>Iluminação natural.....</i>	<i>80</i>
4.2.2 <i>Ventilação natural</i>	<i>82</i>
4.3 Eficiência energética da envoltória (RTQ-R).....	83
4.3.1 <i>Método prescritivo.....</i>	<i>83</i>
5 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	90
5.1 Comportamento da luz natural.....	90
5.1.1 <i>Situação proposta.....</i>	<i>90</i>
5.1.2 <i>Situação original.....</i>	<i>94</i>
5.2 Comportamento da ventilação natural.....	95
5.2.1 <i>Situação proposta.....</i>	<i>95</i>
5.2.2 <i>Situação original.....</i>	<i>100</i>
5.3 Eficiência energética da envoltória.....	101
5.3.1 <i>Unidade habitacional.....</i>	<i>101</i>
5 CONCLUSÃO.....	109
REFERÊNCIAS.....	112
APÊNDICES.....	116
ANEXOS.....	117



Introdução

O clima sempre exerceu forte influência sobre os costumes e modo de viver do homem. Através de suas vestimentas e das soluções encontradas para o abrigo, por exemplo, o homem procurou proteger-se contra os rigores climáticos e estar em sensação de conforto.

Nas últimas décadas do século XX, a humanidade despertou para a necessidade de repensar sua postura perante a natureza, de forma a garantir sua sobrevivência. Há nesse processo, um reconhecimento de que a arquitetura também desempenha um papel fundamental. A discussão sobre a adequação da arquitetura ao clima vem crescendo, mas ainda é nítido o quanto ainda usa-se desnecessariamente, a iluminação artificial e equipamentos elétricos para climatização dos edifícios, mesmo nas regiões de climas favoráveis à exploração das fontes naturais como o sol e a ventilação.

Na visão de Romero (1998, p.52) apud Rangel (2008) “Arquitetura e clima são conceitos inseparáveis. Porém, produziu-se em tão larga escala uma arquitetura dissociada do clima que foi necessário criar uma segunda arquitetura e batizá-la de bioclimática”.

A arquitetura adaptada ao clima ou arquitetura bioclimática busca a manipulação do desenho e dos elementos arquitetônicos com o intuito de melhorar as relações entre homem e natureza, tanto no que diz respeito à redução de impactos ambientais quanto à melhoria das condições de conforto e racionalização. Hoje, podemos afirmar que são muitos os meios capazes de melhorar o desempenho e a qualidade ambiental das edificações, tendo em vista os princípios básicos de “construir com o clima” onde é possível ainda a viabilidade econômica.

Segundo Bittencourt (1989) apud Passos (2009) sendo a arquitetura produzida pelo homem e para o homem, ficará compartimentada toda vez que não houver uma abordagem do ser humano de forma integrada. Contudo, observa-se que através das decisões de projeto e da

escolha de materiais adequados, é possível desenvolver edificações que apresentem melhores condições de conforto e desempenho energético.

Ao adequar a arquitetura a um lugar, seja um escritório, uma escola ou uma moradia, tem-se a criação de espaços nos quais o uso das possibilidades do clima para melhorar as condições interiores de forma natural se reflete em condições de maior conforto e sustentabilidade do ambiente construído.

Conforme apresentado por Olgyay (2008) apud Correia (2010) a casa é o principal instrumento que nos permite satisfazer as exigências de conforto adequadas. Modifica o entorno natural e nos aproxima das condições ótimas de habitabilidade. Deve filtrar absorver ou repelir os elementos mesoambientais segundo influam positiva ou negativamente no conforto do ser humano.

A arquitetura como filtro do ambiente externo pode abrandar as sensações de desconforto causadas pelos rigores do clima. Levando em consideração as habitações destinadas a população de baixa renda, as ditas Habitações de Interesse Social (HIS)¹, percebe-se que o atendimento a esses requisitos tornam-se ainda mais relevantes, dadas as restrições de seus moradores.

Para Correia (2010, p. 29), em habitações de interesse social,

[...] é fundamental que se tenha muito cuidado na relação desta arquitetura com o clima, durante a concepção e implementação de projetos de interesse social. Entende-se, a esse respeito, que o estudo de conforto ambiental em HIS

¹ Habitação produzida e financiada por órgãos estatais destinada a população de baixa renda, mas num sentido mais amplo, que inclui também a regulamentação estatal da locação habitacional e incorporação, como um problema do Estado, da falta de infra-estrutura urbana gerada pelo loteamento privado” (BONDUKI, 1998, p. 14).

seja de fundamental importância quando se pretende intervir de maneira sustentável no meio, considerando-se não só o ambiente natural, mas também o construído e suas relações com a sociedade”.

A realidade mostra que há uma maior preocupação com a quantidade (maior número) de habitações sociais construídas em detrimento da sua qualidade (da melhor maneira), ou seja, não são observados os aspectos bioclimáticos, sustentáveis e a sua adequação ao uso. Geralmente, procura-se em reduzir ao máximo o custo da construção pela aplicação de padrões construtivos de baixo nível, sem a preocupação com as condições de conforto e habitabilidade.

Sabe-se que a habitação social no Brasil não está em geral, bem adaptada ao clima local, provocando más condições de conforto térmico e de iluminação, aumentando desnecessariamente o gasto de energia. Percebe-se então, uma reprodução de tipologias de arquitetura sem nenhuma preocupação com especificidades regionais, sendo desconsideradas as diversidades socioeconômicas, culturais, climáticas e tecnológicas entre diferentes regiões do Brasil. O baixo desempenho energético das HIS pode comprometer o orçamento das famílias de baixa renda, conforme lembra Pedrini:

A inobservância das peculiaridades climáticas pode causar a redução da qualidade de vida dos seus ocupantes, o aumento da saturação de sistemas artificiais de condicionamento ambiental no setor residencial, o aumento do consumo de energia elétrica nos períodos de ponta, e a possível inadimplência dos consumidores de baixa renda. (PEDRINI, 2009)

Assim, a elaboração de projetos de habitação de interesse social deveria levar em consideração estratégias de intervenções arquitetônicas, urbanísticas e construtivas adequadas às características locais, tendo em vista as diferenças culturais, climáticas e até mesmo orçamentárias nas diversas regiões do país. Com isso, os benefícios não seriam restritos apenas aos moradores dessas edificações, mas se estenderia em âmbito nacional. Já que

nesses projetos as novas estratégias garantiriam o conforto ambiental e o uso eficiente dos recursos, principalmente o recurso energético, proporcionando uma melhoria nos assentamentos urbanos e uma economia de energia para o país. Visto que, se levarmos em consideração que o déficit habitacional do Brasil, que hoje passa dos 6 milhões seja sanado; e que segundo dados do PROCEL, o setor residencial é responsável por aproximadamente 22% do consumo da energia total do país, o volume de energia consumida aumentaria consideravelmente.

Considerando o exposto, a realização deste trabalho se justifica ao observarmos o atual cenário brasileiro que apresenta uma produção em larga escala de novas unidades habitacionais destinadas a famílias de baixa renda, incentivada pelo Governo Federal em parceria com os Estados e os Municípios. Contudo, ressalta-se que programas destinados a construção de habitações de interesse social (HIS) vêm sendo implementados em todo território nacional de forma padronizada, sem haver uma maior preocupação com especificidades regionais, principalmente no que diz respeito ao conforto ambiental e o desempenho energético das moradias.

Em João Pessoa, não diferente do que vem acontecendo no âmbito nacional, também se percebe um aumento expressivo na construção de novas habitações, como também na reabilitação e reutilização de imóveis de interesse cultural para uso de HIS, entre os quais muitos edifícios modernistas, como é o caso do antigo Edifício do IPASE-PB², cuja adaptação para HIS está sendo, neste momento, estudada pela Secretaria Municipal de Habitação (Semhab). Este edifício está sob posse do Patrimônio da União e o Ministério das Cidades, em

² Instituto de Previdência e Assistência aos Servidores do Estado.

parceria com a Prefeitura Municipal de João Pessoa, está estudando a sua requalificação para uso habitacional social, destinado à famílias de baixa renda e enquadráveis no programa Minha Casa Minha Vida I. Atualmente, o edifício encontra-se em péssimo estado de conservação, ocupado por desabrigados do movimento sem-teto que residem, em condições subnormais, nos andares do pavimento tipo e, no térreo, sendo ocupado para atividade de comércio informal.

Neste panorama, o objetivo geral do presente trabalho é configurar uma estratégia metodológica de análise das condições de conforto ambiental, relativas à iluminação e à ventilação natural e à eficiência energética, conforme o RTQ-R, tendo como objeto de estudo uma das alternativas de unidade habitacional estudadas pela SEMHAB dentro do referido projeto de reciclagem do edifício IPASE-PB para fins de HIS.

Como objetivos específicos:

- Caracterizar o desempenho das variáveis ambientais iluminação e ventilação natural no projeto original do edifício sede do IPASE;
- Determinar o desempenho da alternativa de unidade habitacional estudada pela SEMHAB considerando as variáveis: eficiência energética (RTQ-R), iluminação e ventilação natural;
- Desenvolver estratégias de incremento das condições de conforto ambiental e eficácia energética, a partir da alternativa de unidade habitacional estudada pela SEMHAB.

Para tanto, este trabalho está estruturado em seis partes principais. Na primeira parte é desenvolvida a apresentação geral do tema abordado no trabalho e seus objetivos.

.....

A segunda parte expõe o referencial teórico, com foco exclusivo no conjunto de informações necessárias a realização deste trabalho, e profundidade limitada aos aspectos suficientes para entendimento dos conceitos envolvidos. Com esta finalidade foram abordados os seguintes assuntos: Considerações sobre a Habitação Social; Conforto ambiental (térmico e visual); A questão energética na habitação; Arquitetura e estratégias bioclimáticas; Ferramentas de apoio ao projeto - simulação computacional; como também aborda a prática do retrofit como ferramenta para atualização das edificações.

Na terceira parte do trabalho é apresentada a descrição e caracterização do Edifício antiga sede do IPASE-PB. Será apresentada sua localização, características do entorno, a organização espacial do edifício, suas principais características construtivas e, ainda uma breve amostragem do comportamento das principais fachadas diante da incidência do sol e do vento.

A quarta parte descreve os procedimentos metodológicos utilizados no trabalho. Inicia-se apresentando e descrevendo a proposta de habitação que está sendo desenvolvida pela Secretaria de Habitação do município (SEM HAB). Prossegue com a exposição das razões para a adoção das ferramentas de simulação, os dados necessários que alimentam as ferramentas e a forma de obtenção de resultados. Continua com a descrição do procedimento de aplicação do método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, incluindo a tabulação dos dados de entrada necessários. Conclui-se com as descrições dos processos para análise dos resultados das simulações e da aplicação do RTQ-R.

Na quinta parte, são expostos e discutidos os resultados a partir das simulações para o desempenho da iluminação e ventilação natural e, ainda a avaliação quanto à eficiência energética da envoltória, segundo o RTQ-R.

Finalmente, nas conclusões, além de figurar as deduções tiradas dos resultados obtidos ao longo deste trabalho, evidenciar-se-ão seus aspectos mais importantes, a fim de confirmar ou não se foi possível alcançar os objetivos propostos. Nesse capítulo, os problemas que ficaram sem solução serão apontados, a fim de que, no futuro, possam ser alvo de outros estudos, dando prosseguimento a este trabalho.



Referencial Teórico

2.1 Considerações sobre a Habitação Social no Brasil

O tema habitação é bastante abrangente e envolve inúmeros conceitos e definições, além de uma diversidade de termos quase sempre usados com o mesmo sentido, como casa e moradia. A palavra habitação deriva de habitar que, segundo Almeida (2001) apud Menezes (2006) é uma experiência existencial humana relacionada com o meio em que vive.

O termo “Habitação Social” surge na década de 40, não apenas no sentido de habitação para população de baixa renda produzida e financiada por órgãos públicos, mas aquela que inclui a regulamentação da locação, da incorporação, da falta de infraestrutura urbana gerada pelo loteamento privado, tudo como um problema do Estado (BONDUKI, 1998 apud SPANNENBERG, 2006).

Segundo o Plano Diretor de João Pessoa, Habitação de Interesse Social (HIS) é aquela destinada a população que vive em condições precárias de habitabilidade ou auferir renda inferior a cinco vezes o salário mínimo ou seu sucedâneo legal.

A habitação exerce um papel essencial tanto para o indivíduo quanto para a sociedade, pois é nela onde se busca a segurança, o repouso, a restauração da saúde, o convívio familiar e o crescimento social. Para Lemos (1996) apud Spannenberg (2006), além de palco permanente do cotidiano de seus usuários, a habitação é, sobretudo, um invólucro seletivo e corretivo das manifestações climáticas, oferecendo abrigo e as mais variadas possibilidades de proteção e segurança.

A importância da habitação como abrigo e como cenário permanente das necessidades essenciais ao homem se tornou em 1948, um direito universal do homem, garantido no Art. 25 da Declaração Universal dos Direitos Humanos, onde cita:

Toda a pessoa tem direito a um nível de vida suficiente para lhe assegurar e à sua família a saúde e o bem-estar, principalmente quanto à alimentação, ao vestuário, à habitação, à assistência médica e ainda quanto aos serviços sociais necessários, e tem direito à segurança no desemprego, na doença, na invalidez, na viuvez, na velhice ou noutros casos de perda de meios de subsistência por circunstâncias independentes da sua vontade.

No Brasil, o direito à moradia passou a ser reconhecido como um direito social pela Constituição no ano de 2000, através da Emenda Constitucional n. 26/00: “são direitos sociais a educação, a saúde, o trabalho, a moradia, o lazer, a segurança, a previdência social, a proteção à maternidade e à infância, a assistência aos desamparados na forma desta Constituição”.

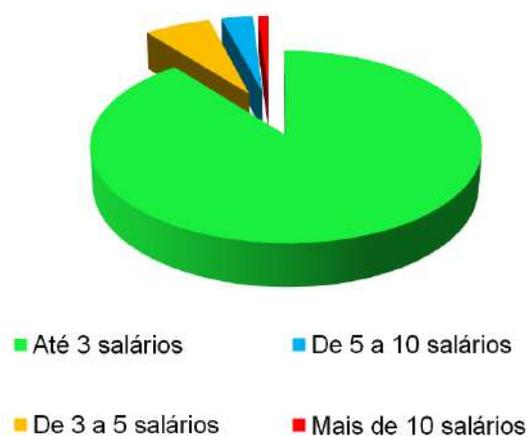
No entanto, o direito à moradia não envolve somente a ocupação de uma habitação, mas sim, que esta seja digna, adequada, higiênica, de acordo com os princípios expressos na Constituição Federal, prevendo como um dos seus princípios fundamentais a dignidade da pessoa humana (Art. 1º, Inc. III), e garante o direito individual à intimidade e à privacidade (Art. 5º, § X) e que a casa é um asilo inviolável (Art. 5º, § XI). Sendo assim, as habitações devem propiciar aos seus usuários condições mínimas de habitabilidade. Segundo Menezes (2006), a habitabilidade é a característica essencial de uma edificação, mas que dependerá de um conjunto de atividades para ser efetiva. Dentre essas qualidades, o conforto ambiental assume um papel importantíssimo para o bem estar e conforto de seus usuários.

2.1.1 Déficit habitacional brasileiro

Considerando a profunda desigualdade social no país e as fortes interfaces com outras questões o déficit habitacional foi definido pela Fundação João Pinheiro (BRASIL, 2007) como sendo “a necessidade de construção de novas moradias, tanto em função da reposição como do

incremento do estoque”. O “déficit por reposição do estoque” refere-se às habitações sem condições de serem habitadas devido à precariedade das construções ou em virtude de desgaste da estrutura física. Elas devem ser repostas. Já o “déficit por incremento de estoque” está relacionado à coabitação familiar forçada (famílias que pretendem constituir um domicílio unifamiliar), aos moradores de baixa renda sem condições de suportar o pagamento de aluguel e aos que vivem em casas e apartamentos alugados com grande densidade de pessoas.

GRÁFICO 01: Distribuição percentual do déficit habitacional no Brasil por faixas de renda média familiar mensal, segundo dados da FJP – 2007.



Fonte: FJP, 2007.

TABELA 01: Distribuição percentual do déficit habitacional no Brasil e nos estados faixas de renda média familiar mensal, segundo dados da FJP da região nordeste por faixas de renda média familiar mensal, segundo dados da FJP – 2007.

Especificações	FAIXAS DE RENDA MÉDIA E FAMILIAR MENSAL (em salários mínimos)			
	Até 3	Mais de 3 a 5	Mais de 5 a 10	Mais de 10
BRASIL	89,4	6,5	3,1	1,0
NORDESTE	95,9	2,7	1,0	0,4
Maranhão	96,0	2,4	1,5	0,1
Piauí	98,3	1,5	0,1	0,1
Ceara	95,8	3,1	0,7	0,4
RMFortaleza	95,1	3,1	1,2	0,6
Rio Grande do Norte	93,6	5,1	1,3	-
Paraíba	95,3	2,6	1,1	1,0
Pernambuco	96,3	2,0	1,6	0,1
RMRecife	95,6	2,5	1,8	0,1
Alagoas	96,4	2,7	0,2	0,7
Sergipe	95,7	3,5	0,8	-
Bahia	95,7	2,7	1,0	0,6
RM Salvador	94,8	3,3	1,3	0,6

Fundação João Pinheiro – 2007

Segundo dados da Fundação João Pinheiro (BRASIL, 2007), o déficit habitacional no Brasil em 2007 era de 6,273 milhões de domicílios. Em termos de distribuição de renda é confirmada a concentração do déficit na faixa que vai até três salários mínimos, conforme Gráfico 01. Essa tendência se repete em todas as regiões geográficas do país, sendo mais acentuado no nordeste, chegando a 95,9% dos domicílios na faixa até três salários mínimos. No Estado da Paraíba chega a 95,3% (Tabela 01). O atual déficit habitacional de João Pessoa é de 25 mil residências (PREFEITURA MUNICIPAL DE JOÃO PESSOA, 2011).

De acordo com o Ministério das Cidades, 18% do déficit habitacional brasileiro é composto pelo ônus excessivo com aluguel, sendo que as relações de locação para a população de baixa renda se dão fora do mercado formal, onde o aluguel de cômodos nas áreas periféricas vem crescendo como solução cada vez mais permanente. A obsolescência das edificações, a deficiência de infra-estrutura e a insuficiência da oferta de terra urbanizada a preços acessíveis são alguns dos problemas apontados e que necessitam de enfrentamento de uma forma articulada através de políticas urbanas, fundiária e de saneamento (BRASIL, 2004).

O constante crescimento da demanda por habitação é resultado de vários fatores, dentre eles: “o crescimento vegetativo, a migração rural, os mercados de trabalho, a distribuição de renda, o desenvolvimento industrial, a importação de tecnologia e outros” (SPANNENBERG, 2006). Além desses, outros fatores podem ser citados, como: a ausência de crédito, a incapacidade da classe média de obter financiamento suficiente para a aquisição da casa própria e os baixos níveis de renda de grande parte da população.

2.1.2 Política nacional de habitação

Foi a partir da década de 30 que o Estado começou a interferir na questão da habitação. Desde então, a trajetória da política habitacional no País tem sido marcada por mudanças na concepção e no modelo de intervenção do poder público no setor que ainda não logrou êxito, especialmente no que se refere ao equacionamento do problema da moradia para a população de baixa renda.

Em 1946 foi criada a primeira política nacional de habitação, a Fundação da Casa Popular. No entanto revelou-se ineficaz devido à falta de recursos e às regras de financiamento estabelecidas, o que comprometeu o seu desempenho no atendimento da demanda, que ficou restrito a alguns Estados da Federação e com uma produção pouco significativa de unidades.

Em 1964 a política habitacional nacional foi implementada pelo Sistema Financeiro de Habitação (SFH) que tinha o objetivo de facilitar e promover a construção e aquisição da casa própria pela população de menor renda. Este sistema era composto pela Secretaria de Crédito Imobiliário e pelo Banco Nacional de Habitação (BNH).

Em 1986 o SFH foi extinto devido a problemas no modelo proposto. O principal problema quanto a atuação do BNH estava ligado a incapacidade em atender à população de mais baixa renda, objetivo principal que havia justificado a sua criação. Após o fechamento do BNH até recentemente – 2006, não houve no país uma política habitacional clara e sistemática, apenas programas habitacionais do Governo Federal com atribuições à Caixa Econômica Federal. A partir da criação da Secretaria Nacional de Habitação pertencente ao Ministério das Cidades, instituído no governo Lula, uma nova proposta de Política Nacional de Habitação foi anunciada no Caderno MCidades Habitação (BRASIL, 2004), que pretende atuar no contexto de

“desenvolvimento urbano integrado, no qual a habitação não se restringe a casa, incorpora o direito a infraestrutura, saneamento ambiental, mobilidade e transporte coletivo, equipamentos e serviços urbanos e sociais, buscando garantir direito à cidade”.

Portanto, é no âmbito Ministério das Cidades, que se encontram os programas e ações habitacionais do governo, divididos em grupos, de acordo com os recursos alocados, como pode ser observado na Tabela 02.

TABELA 02: Programas vinculados ao Ministério das Cidades

PROGRAMAS E AÇÕES	RECURSOS
<ul style="list-style-type: none"> • Programa Urbanização, Regularização e Integração de Assentamentos Precários • Habitação de Interesse Social – HIS • Ação Provisão Habitacional de Interesse Social • Ação Provisão Habitacional de Interesse Social - Modalidade: Assistência Técnica • Ação Apoio à elaboração de Planos Habitacionais de Interesse Social – PLHIS • Ação de Apoio à Produção Social da Moradia 	Fundo Nacional de Habitação de Interesse Social (FNHIS)
<ul style="list-style-type: none"> • Habitar Brasil BID – HBB • Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat - PBQP-H • Programa de Subsídio à Habitação de Interesse Social – PSH • Projetos Prioritários de Investimentos - PPI (Intervenções em Favelas) 	Orçamento Geral da União (OGU)
<ul style="list-style-type: none"> • Carta de Crédito Individual • Carta de Crédito Associativo • Programa de Atendimento Habitacional através do Poder Público - Pró-Moradia 	Fundo de Garantia do Tempo de Serviço (FGTS)
<ul style="list-style-type: none"> • Programa de Arrendamento Residencial - PAR 	Fundo de Arrendamento Residencial (FAR)
<ul style="list-style-type: none"> • Programa Crédito Solidário 	Fundo de Desenvolvimento Social (FDS)
<ul style="list-style-type: none"> • <u>PMI - Projetos Multissetoriais Integrados</u> 	Fundo de Amparo ao Trabalhador (FAT)

Fonte: Ministério das Cidades

O Ministério das Cidades promove ainda o Programa de Reabilitação de Áreas Urbanas Centrais, que através dos programas habitacionais como o PAR e outros passíveis de financiamento para a reabilitação de edificações, tenta-se promover o repovoamento do centro, através da alienação ou disponibilização de imóveis vazios ou subutilizados pertencentes à União, ao INSS, e à Rede Ferroviária Federal (RFFSA), para serem doados para as prefeituras, principalmente, para que estas também possam tentar viabilizar, por meio de parcerias, a moradia nesses imóveis doados.

2.2 Conforto ambiental

Para que o bom desempenho ambiental de uma edificação aconteça, é necessário que haja uma perfeita integração com o meio. O conforto ambiental e a utilização apropriada dos materiais nas obras são dois dos principais parâmetros utilizados na medida da qualidade ambiental da edificação, influenciando também diretamente na eficiência energética do mesmo.

Segundo Roméro e Ornstein (2003) todas as subáreas do conforto dependem de uma multiplicidade de variáveis, que vão de um plano muito geral a um muito específico e que poderiam ser divididas em três grandes classes:

- a) variáveis climáticas e do entorno à edificação;
- b) variáveis relativas às exigências humanas e funcionais;
- c) variáveis de projeto e construtivas.

Para efeito didático o estudo do conforto ambiental está dividido em três subáreas: Conforto Luminoso, Conforto Térmico e Conforto Acústico.

Aqui, os estudos relativos ao conforto ambiental, abordará as variáveis relacionadas ao conforto térmico e o conforto lumínico, as quais serão investigadas na abordagem prática deste trabalho.

2.2.1 Conforto térmico

Segundo Menezes (2006) a satisfação manifestada com relação às condições térmicas do ambiente é conhecida como conforto térmico. São várias as definições que descrevem o que é conforto térmico. Para a ISO 7730 (1994), conforto térmico é o estado que expressa satisfação com o ambiente térmico. A Norma 15220 (2005) da ABNT – Desempenho Térmico de Edificações – parte 1, define conforto térmico como a satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente.

O conforto térmico pode ser analisado sob dois pontos de vista: o humano e o ambiental. Para Menezes (2006) se for considerado apenas o ponto de vista humano, define-se conforto térmico como sendo uma condição mental que expresse satisfação com o ambiente térmico. Do ponto de vista físico, confortável é o ambiente cujas condições permitam a manutenção da temperatura interna sem a necessidade de serem acionados os mecanismos termo-reguladores, ou seja, é necessário que o organismo humano se encontre em balanço térmico com o meio ambiente.

Para Lamberts et al. (2005), as variáveis humanas que influenciam no conforto térmico são: metabolismo gerado pela atividade física e resistência térmica oferecida pela vestimenta. E as ambientais são: temperatura do ar; temperatura radiante média; velocidade do ar; umidade relativa do ar. Além disso, variáveis subjetivas como sexo, idade, raça, hábitos alimentares,

peso, altura etc. podem exercer influência nas condições de conforto de cada pessoa e devem ser consideradas.

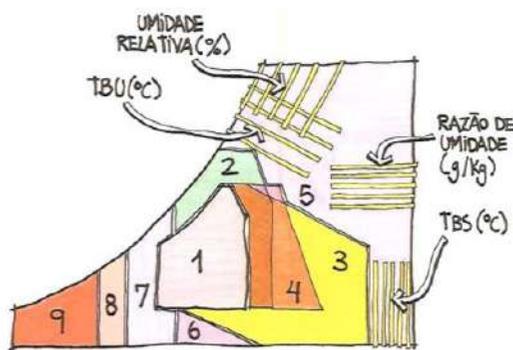
Contudo, Frota e Schiffer (2001, p.24) observam que:

As variáveis do conforto térmico são diversas e, variando diferentemente algumas delas ou até todas, as condições finais podem proporcionar sensações ou respostas semelhantes ou até iguais. Isso levou os estudiosos a desenvolver índices que agrupam as condições que proporcionam as mesmas respostas — os índices de conforto térmico.

Ainda segundo os autores, esses índices podem ser classificados em biofísicos, fisiológicos e subjetivos. Eles são, em geral, desenvolvidos fixando um tipo de atividade e a vestimenta utilizada pelo indivíduo para, a partir daí, relacionar as variáveis do ambiente e reunir sob a forma de cartas ou monogramas, as diversas condições que proporcionam respostas iguais por parte dos indivíduos.

São muitos os índices para estabelecimento do conforto térmico destinados à aplicação na definição das condições dos ambientes em edificações, dos quais pode-se citar: a *Carta Bioclimática*, de Olgyay; a *Temperatura Efetiva*, de Yaglou e Houghthen; ou *Temperatura Efetiva Corrigida*, de Vernon e Warner; e o *Índice de Conforto Equatorial* ou *Índice de Cingapura*, de Webb. Estes segundo Frota e Schiffer (2001) são os mais recorrentes para fins de aplicação às condições ambientais em edifícios como habitações, escolas, escritórios etc., e para as condições climáticas brasileiras.

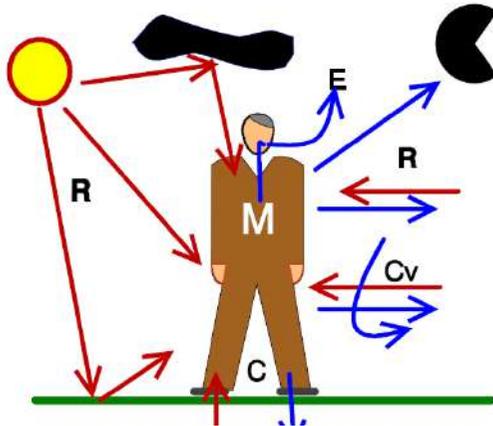
E ainda destaca-se a Carta Bioclimática de Givoni (Figura 01) concedida para edifícios que segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) corrigi algumas limitações do diagrama idealizado por Olgyay, propondo estratégias construtivas para adequação da arquitetura ao



- 1- Zona de conforto
- 2- Zona de ventilação
- 3- Zona de resfriamento evaporativo
- 4- Zona de massa térmica para resfriamento
- 5- Zona de ar-condicionado
- 6- Zona de umidificação
- 7- Zona de massa térmica para aquecimento
- 8- Zona de aquecimento solar passivo
- 9- Zona de aquecimento artificial

Figura 01: Carta bioclimática adequada para o Brasil.

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira (1997).



M – metabolismo ou produção de calor interna do corpo.

R – trocas por radiação. Entre o sol e o corpo, entre o corpo e a abobada celeste, entre o corpo e os demais corpos (paredes, etc).

C – trocas por condução, contato. Entre o corpo e toda superfície em que ele toca.

CV – trocas por convecção. Entre o corpo e o ar que está em seu contato direto.

E – trocas por evaporação. Eliminação do calor pela troca pulmonar, na expiração e através da pele, pelos poros.

Figura 02: Trocas higrótérmicas entre o homem e seu entorno

Fonte: Barroso-Crause et al., 2005

clima, enquanto que Olgay aplicava seu diagrama estritamente para as condições externas. A carta relaciona a temperatura do ar e a umidade relativa propondo zonas de conforto.

Conforme Fanger (1970) apud Wallauer (2003), a principal condição para que uma pessoa esteja em conforto térmico é que esta deve estar em um equilibrado balanço térmico. O conforto térmico de um indivíduo depende de como ocorrem as trocas de calor com o ambiente e essas trocas podem ser equacionadas no balanço térmico de uma pessoa.

As trocas de calor entre o indivíduo e o ambiente podem ocorrer de duas formas: trocas secas (calor sensível)¹– condução, convecção e radiação; e trocas úmidas (calor latente)²– evaporação (Figura 02).

Contudo, a sensação de conforto térmico é alcançada de forma muito particular em cada pessoa, em função de um estado de satisfação, porém complexo, que busca manter a temperatura interna do corpo do indivíduo na ordem de 37°C - endotermia. Ainda é certo considerar que as condições ambientais capazes de proporcionar conforto térmico em indivíduos que habitem regiões diferentes não são as mesmas. As condições ambientais que propiciam conforto a habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado ou frio.

¹ Calor perdido para o ambiente através das trocas secas e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente (FROTA e Schiffer, 2001).

² Calor perdido para o ambiente através das trocas úmidas e envolve mudança de estado de agregação — o suor, líquido, passa para o estado gasoso, de vapor, através da evaporação. (FROTA; SCHIFFER, 2001).

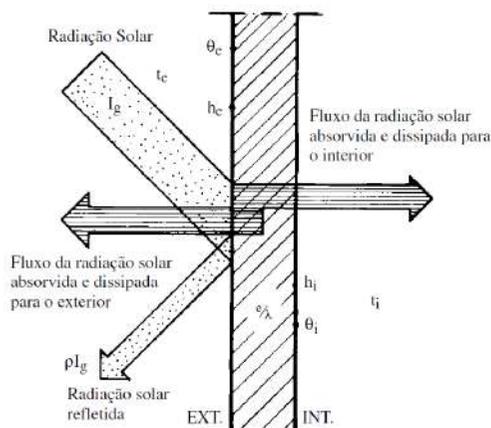


Figura 03: Trocas de calor - fechamentos opacos
 Fonte: Frota; Schiffer, 2001.

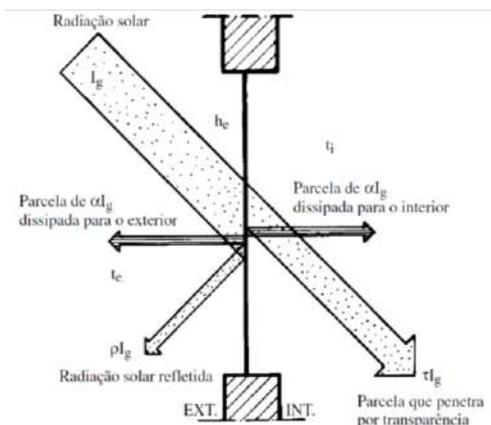


Figura 04: Trocas de calor - fechamentos transparentes ou translúcidos
 Fonte: Frota; Schiffer, 2001.

Sabendo que o conforto térmico é alcançado sempre que se consegue manter, através de trocas com o meio ambiente, um equilíbrio entre corpo e entorno. É através do envelope construtivo que se consegue uma relação favorável entre o homem e o clima.

Para Lamberts, Dutra e Pereira (1997) as trocas de energia que envolve luz e calor entre a arquitetura e o meio externo tem como cerne o envelope construtivo. Entre outros fatores que intervêm nesse envelope deve-se considerar principalmente a radiação solar, diante da qual os materiais de construção se comportam de modo distinto. Portanto distingui-se o envelope construtivo em duas partes: os fechamentos opacos – incapacidade de transmitir radiação para o ambiente interno; e os transparentes – capacidade de transmitir radiação solar para o ambiente interno. Conforme mostra as figuras 03 e 04, a parcela da radiação transmitida é a principal fração responsável pelos ganhos térmicos no interior dos ambientes.

Segundo Almeida (2001) apud Rotta (2009), a arquitetura, entendida como mediadora da habitação do “ser-no-mundo” deve ser projetada de forma a prover habitabilidade através da incorporação desta característica essencial, respeitando-se sempre o contexto no qual está inserida. Frota e Schiffer (2001) completam:

A Arquitetura deve servir ao homem e ao seu conforto, o que abrange o seu conforto térmico. O homem tem melhores condições de vida e de saúde quando seu organismo pode funcionar sem ser submetido a fadiga ou estresse, inclusive térmico. A Arquitetura, como uma de suas funções, deve oferecer condições térmicas compatíveis ao conforto térmico humano no interior dos edifícios, sejam quais forem as condições climáticas externas. (FROTA; SCHIFFER, 2001, p. 24).

Sendo assim, a sensação de conforto está diretamente relacionada á satisfação do individuo com relação ás condições de habitabilidade disponíveis em um determinado ambiente, promovendo o bem-estar. Sabendo da importância de se manter o conforto térmico em uma

habitação, hoje, várias instituições no mundo e pesquisadores realizam estudos nesta área, avaliando o desempenho térmico das habitações e definindo parâmetros de conforto.

A ventilação natural pode representar importante fator de conforto e melhoria das condições ambientais no interior dos edifícios (FROTA; SCHIFFER, 2001). É uma estratégia de resfriamento através da perda de calor de um ambiente por meio da renovação do ar. Mais importante ainda, permite aos usuários de uma edificação, atingir a sensação de conforto, através do aumento das trocas por convecção na superfície do corpo.

Bittencourt e Candido (2006), também destacam a ventilação natural como um fator importante para a obtenção do conforto na arquitetura, conforme trecho:

A ventilação é apontada, frequentemente, como a estratégia bioclimática mais eficiente para obtenção do conforto térmico nos espaços urbanos e arquitetônicos. Além disso, o alcance social dessa estratégia é indiscutível (BITTENCOURT; CANDIDO, 2006, p.5).

A ventilação, a princípio apresenta dois objetivos claros: atender as questões de conforto térmico removendo a carga térmica do ambiente e ajudando na dissipação do calor do corpo humano, por convecção e por evaporação, principalmente em climas quentes e úmidos; e prover a higiene dos ambientes ao renovar o ar viciado e poluído e ao evitar o incremento da umidade do ar nos espaços. Ou seja, a ventilação natural é importante também em locais de clima frio, pois para que se tenha ambientes saudáveis, um mínimo de taxa de ventilação é necessário para contínua renovação do ar viciado por igual volume de ar fresco proveniente do exterior, partindo-se do princípio de que o ar externo é suficientemente puro. Além disso, com a ventilação natural é possível diminuir os gastos de energia com sistemas de aclimatação artificial.

As edificações podem ser favorecidas pela ventilação de forma unilateral³, cruzada⁴, ou por efeito chaminé. O proveito que pode ser extraído da ventilação depende diretamente de fatores fixos e variáveis, sendo o primeiro relacionado à forma e características construtivas do edifício; à forma e posição dos edifícios e espaços abertos vizinhos; à localização e orientação do edifício; a à posição, tamanho e tipo de abertura; já o segundo está relacionado à direção, velocidade e frequência do vento e à diferença de temperaturas interiores e exteriores (BITTENCOURT; CANDIDO, 2006).

A configuração do fluxo de ar no interior de uma construção é determinada por três fatores principais: 1 – o tamanho e a localização das aberturas de entrada do ar na parede; 2 – o tipo e a configuração das aberturas usadas; 3 – a localização de outros componentes arquitetônicos nas proximidades das aberturas, tais como divisórias internas e painéis verticais ou horizontais adjacentes a elas (como protetores solares e marquises, por exemplo) (BITTENCOURT; CANDIDO, 2006, p.61).

A integração dos espaços internos e externos, por meio de ambientes de transição como varandas, pérgulas, janelas com venezianas e utilização de elementos vazados (cobogós) propagados por Holanda (1976) é muito importante, pois contribuem para a permeabilidade das correntes de ar, enquanto sombreiam e filtram a intensa luminosidade natural.

A normalização brasileira passou a tratar do desempenho térmico passivo das edificações e de conforto térmico somente a partir de 2005, com a já mencionada NBR 15220. Existem outras normas brasileiras que tratam do conforto térmico, é o caso da NBR 6401 (ABNT

³ Quando só há uma abertura.

⁴ O termo ventilação cruzada se refere à condição existente num ambiente que possui aberturas situadas em posição de diferentes pressões (pressão positiva, de onde sopra o vento; pressão negativa, onde existe uma zona de sucção (ARAÚJO, 1997 apud RANGEL, 2008, p.43).

1980) e a portaria 3523/98 do Ministério da Saúde que estabelece as taxas de renovação de ar, mas apenas para ambientes climatizados.

Da mesma forma, a ANVISA⁵ estabelece a “Taxa de renovação do ar adequada para ambientes climatizados” no caso, mínimo de 27m³/hora/pessoa, exceto no caso específico de ambientes como lojas, centros comerciais, bancos e outros, onde a taxa de ocupação de pessoas por m³ é crítica (ANVISA, 2005).

2.2.2 Conforto visual

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) o conforto visual pode ser entendido como a existência de um conjunto de condições, num determinado ambiente, no qual o ser humano pode desenvolver suas tarefas visuais, com o máximo de acuidade e precisão visual, com o menor esforço, com menor risco de prejuízo à vista e com reduzido risco de acidentes. Essas condições, que estão relacionadas aos requisitos necessários para a ocorrência tranqüila do processo visual, podem ser classificadas em: boa distribuição da iluminância⁶; ausência de ofuscamento⁷; contrastes adequados; bom padrão e direção de sombras.

Ainda de acordo com os autores, é importante, em um ambiente o balanço entre qualidade e quantidade de iluminação, assim como a escolha da fonte de luz, natural ou artificial. As preferências humanas, entretanto, são de difícil estimativa, uma vez que este fator é

⁵ Agência Nacional de Vigilância Sanitária.

⁶ É o fluxo luminoso (lúmen) incidente numa superfície por unidade de área (m²). Sua unidade é o lux. (PROCEL, 2002)

⁷ Efeito de uma luz forte no campo de visão do olho humano. Pode provocar sensação de desconforto e prejudicar o desempenho das atividades realizadas no local. (PROCEL, 2002)

.....

subjetivo e varia conforme o sexo e a idade da pessoa, a hora do dia e as relações contextuais com o local.

Para Lamberts (2004) apud Espannenber (2006) a luz natural é qualitativamente superior à luz artificial, pois permite ao homem, através de sua variabilidade, a percepção espaço-temporal do contexto onde se encontra. Esta percepção de intensidades diferentes de luz, sombra e cores é fundamental ao funcionamento do seu relógio biológico.

A distribuição da luz no ambiente interno depende de um conjunto de variáveis, tais como: disponibilidade da luz natural, obstruções externas, tamanho, orientação, posição e detalhes de projeto das aberturas, características óticas dos envidraçados, tamanho e geometria do ambiente e refletividade das superfícies internas (GRAÇA et al, 2001, p. 2 apud PEREIRA, 1997).

“A eficiência da luz natural depende da iluminação da abóbada celeste, do ângulo de incidência da luz, da cor empregada no ambiente e da cor e natureza dos vidros por onde penetra a luz” (PIZOTTO,1980. p. 2 apud GRAÇA et al, 2001, p. 2) Pode-se complementar ainda, que o conforto visual no interior dos ambientes está diretamente relacionado com o correto dimensionamento das superfícies iluminantes⁸ (janelas, sheds lanternins, etc.). É importante lembrar também do ganho térmico que essas superfícies podem transmitir para os ambientes.

Segundo Baker et al. (1993) apud Fonseca (2007) em um de seus trabalhos, desenvolveu um sistema de classificação de componentes do ambiente construído com o objetivo de aproveitar os benefícios oferecidos pela luz natural. Estes componentes dividem-se

⁸ Podem ser entendidas como superfícies que permitem a passagem de luz de um ambiente para outro.

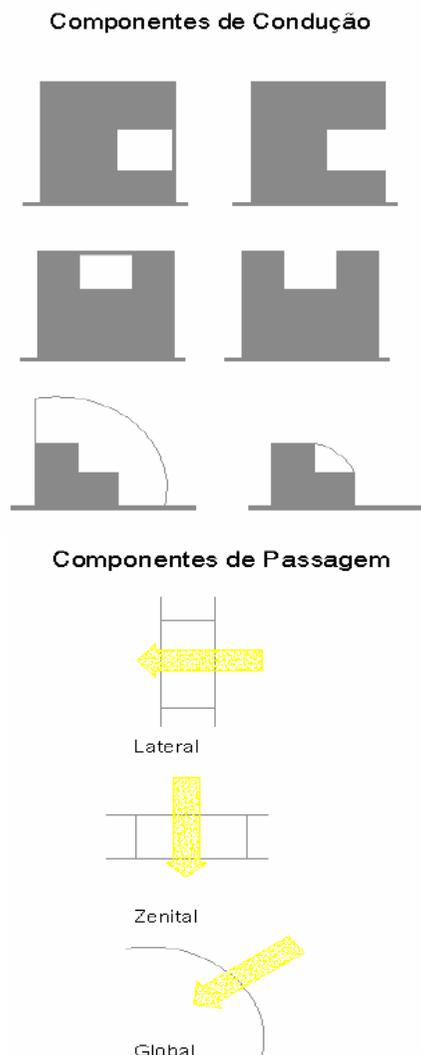


Figura 05: Classificação geral dos componentes de condução e de passagem
 Fonte: Baker et al. (1993) apud Fonseca (2007)

em dois grupos: componentes de condução e componentes de passagem, como mostra a figura 05.

Ainda de acordo com Fonseca (2007) os componentes de condução atuam como distribuidores da luz natural no interior do ambiente e fazem a conexão entre componentes de passagem. Eles se dividem em dois grupos:

- Espaços iluminados intermediários, os quais localizam-se na zona perimetral, distribuindo a luz para espaços internos anexos;
- Espaços iluminados internos, localizados no interior do edifício que guiam a luz natural para as zonas específicas sem contato com o exterior.

A caracterização dos componentes de condução ocorre segundo sua forma, largura (dimensão na direção da penetração da luz em relação à sua largura) e propriedades ópticas (tipo e coeficiente de reflexão).

A autora destaca ainda que os componentes de passagem podem ser entendidos como sendo os elementos que unem dois ambientes luminosos, permitindo a passagem da luz de um para o outro. Podem ser divididos em componente de passagem lateral, zenital e global. Estes componentes são analisados pelas suas dimensões, localização e forma. O componente de passagem mais comum é o lateral, uma janela, por exemplo. Pode-se, ainda, incorporar aos componentes de passagem, elementos de controle, aos quais se incluem dispositivos de regulação da admissão de luz nos ambientes. Os elementos de controle são classificados como superfícies de separação, telas flexíveis, telas rígidas, filtros e proteções solares.

Com relação à legislação que trata do conforto visual, no Brasil, atualmente, estão em vigência algumas normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Dentre elas

pode-se citar a NBR 5413 (ABNT, 1992) – Iluminância de interiores, que estabelece níveis de iluminâncias médias mínimas para iluminação artificial recomendadas para diferentes tipos de atividades.

Para a determinação da iluminância conveniente é recomendado considerar os fatores idade, velocidade e precisão, e refletância do fundo da tarefa, os quais estão descritos no Quadro 01. Deve-se analisar cada característica para determinar o seu peso (-1, 0 ou +1) e somar os três valores encontrados, algebricamente, considerando o sinal. A partir desse resultado pode-se usar a iluminância inferior do grupo, quando o valor total for igual a -2 ou -3; a iluminância superior, quando a soma for +2 ou +3; e a iluminância média, nos outros casos. Os níveis de iluminância para a atividade residencial estão discriminadas no Quadro 02.

QUADRO 01: Fatores determinantes da iluminância adequada

Características da tarefa e do observador	Peso		
	-1	0	+1
Idade	Inferior a 40 anos	40 a 55 anos	Superior a 55 anos
Velocidade e precisão	Sem importância	Importante	Crítica
Refletância do fundo da tarefa	Superior a 70%	30 a 70%	Inferior a 30%

Fonte: ABNT, 1992

QUADRO 02: Iluminâncias por classe de tarefas visuais

	Ambientes	Níveis de iluminância (Lux)
Sala de estar	Geral	100 - 150 - 200
	Local (leitura, escrita, bordado, etc)	300 - 500 - 750
Cozinha	Geral	100 - 150 - 200
	Local (fogão, pia, mesa)	200 - 300 - 500

Quartos de dormir	Geral	100 - 150 - 200
	Local (espelho, penteadeira, cama)	200 - 300 - 500
Hall, escada, despensa, garagem	Geral	75 - 100 - 150
	Local	200 - 300 - 500
Banheiros	Geral	100 - 150 - 200
	Local (espelhos)	200 - 300 - 500

Fonte: NBR 5413 (ABNT, 1992)

Mais recentemente foi aprovada a NBR 15215 (ABNT, 2005) – Iluminação natural, que é dividida em quatro partes, são elas: Parte 1 – Conceitos básicos e definições; Parte 2 – Procedimentos de cálculos para a estimativa da disponibilidade de luz natural; Parte 3 – Procedimento de cálculo para a determinação da iluminação natural em ambientes internos; Parte 4 – Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações. Este conjunto de normas que tem por objetivo apresentar dados, técnicas e informações básicas para ajudar os profissionais envolvidos no projeto de edificações a lidar com questões relacionadas à iluminação natural destes. Para tanto, disponibiliza-se métodos de cálculo e de verificação dos níveis de iluminação natural no interior das edificações.

A parte 4 deste conjunto de normas prescreve métodos para a verificação experimental das condições de iluminância de ambientes internos. Para esta avaliação deve-se considerar uma quantidade de pontos suficiente para uma caracterização adequada do ambiente. Para determinar o número mínimo de pontos necessários recomenda-se calcular o Índice do Local (Figura 06) pela expressão:

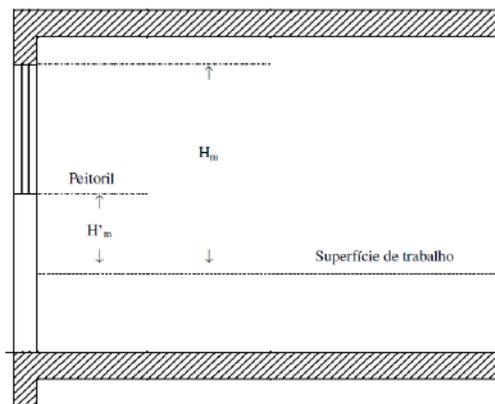


Figura 06: Determinação de H_m .
Fonte: ABNT, 2004

$$K = \frac{C \cdot L}{H_m \cdot (C + L)}$$

Onde:

L – é a largura do ambiente em metros (m);

C – é o comprimento do ambiente em metros (m);

H_m – é a distância vertical entre a superfície de trabalho e o topo da janela, em metros (m).conforme figura 06.

Com o valor de K, pode ser verificada no Quadro 03 a quantidade mínima de pontos a serem medidos. Dessa forma deve-se dividir o ambiente em áreas iguais, com formato próximo a um quadrado. A iluminância deve ser medida no centro de cada área. Para evitar pontos muito próximos às paredes recomenda-se um afastamento mínimo de 0,50 m destas (Figura 07).

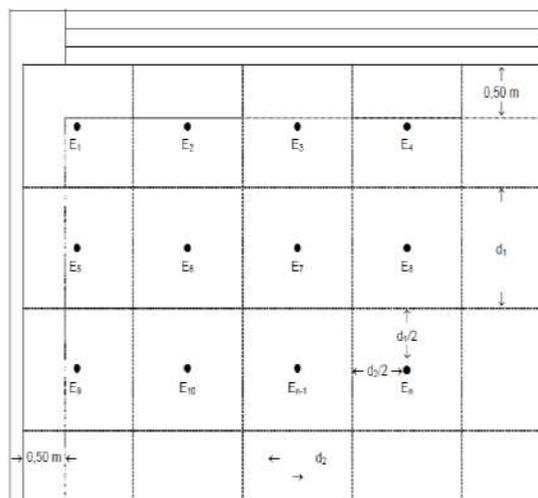


Figura 07: Malha de pontos para medições
Fonte: NBR 15215-4 (ABNT, 2004)

QUADRO 03: Quantidade mínima de pontos a serem medidos

K	Nº de Pontos
$K < 1$	9
$1 \leq K < 2$	16
$2 \leq K < 3$	25
$K \geq 3$	36

Fonte: NBR 15215-4 (ABNT, 2004)

Além destas normas citadas anteriormente ainda faz-se referencia ao Projeto de Norma Brasileira de Desempenho de edificios habitacionais de até cinco pavimentos - PNBR 02:136.01 (ABNT, 2004), onde a parte 1 desta norma trás um item que trata do desempenho lumínico,

estabelecendo níveis mínimos de iluminação natural nas diferentes dependências da habitação, conforme Quadro 04.

QUADRO 04: Níveis de iluminação geral para iluminação natural

Dependência	Iluminamento geral (Lux) para os níveis de desempenho		
	M	I	S
Sala de estar; Dormitório; Copa / cozinha; Banheiro; Área de serviço	>60	>90	>120
Corredor ou escada interna à unidade; Corredor de uso comum (prédios); Escadaria de uso comum (prédios); Garagens / estacionamentos	Não exigido	>30	>45

Fonte: PNBR 02:136.01 – parte 1 (ABNT, 2004)

Para Lamberts, Dutra e Pereira (1997), considerando que a luz natural é um recurso renovável, ela apresenta reduzido impacto ambiental e favorece a eficiência energética no ambiente construído. Possibilita a diminuição do consumo de energia elétrica, minimizando o uso de iluminação artificial.

Quando a iluminação natural é considerada nas fases iniciais de projeto, pode representar um sistema praticamente sem custos adicionais à edificação. A desconsideração do potencial da luz natural resulta, ainda, na dependência excessiva de sistemas artificiais de iluminação, inclusive no período diurno, elevando significativamente o desperdício de energia elétrica (SOUZA, 2001 apud FONSECA, 2007, p.16).

Contudo, a utilização da iluminação natural reflete-se diretamente na energia gasta com o condicionamento do ar e com a iluminação artificial. Sabe-se que em grande parte das cidades

brasileiras, como João Pessoa, por exemplo, a luminosidade do céu é intensa na maior parte do ano, o que pode proporcionar uma redução significativa no uso de iluminação artificial na maioria das edificações.

A disponibilidade da luz natural nas regiões tropicais é grande, e esta deve ser usada de forma criteriosa. O desafio, portanto, é equilibrar sabiamente o ingresso da luz difusa, bloqueando o calor gerado pela luz solar direta, evitando problemas de conforto térmico (AMORIM, 2002, p.2).

Para Majoros (1998) apud Amorim (2002) a luz natural pode oferecer enormes vantagens, dentre elas:

- a qualidade da iluminação obtida é melhor, pois a visão humana desenvolveu-se com a luz natural;
- a constante mudança da quantidade de luz natural é favorável, pois proporciona efeitos estimulantes nos ambientes;
- a luz natural permite valores mais altos de iluminação, se comparados à luz elétrica; além disso, a carga térmica gerada pela luz artificial é maior do que a da luz natural, o que nos climas quentes representa um problema a mais;
- um bom projeto de iluminação natural pode fornecer a iluminação necessária durante 80/90% das horas de luz diária, permitindo uma enorme economia de energia em luz artificial;
- a luz natural é fornecida por fonte de energia renovável: é o uso mais evidente da energia solar.

Muito vem se desenvolvendo nos últimos anos com relação a estratégias de projeto que otimizam o uso da iluminação natural, seja para novos edifícios como também quando se trata de reformas. A disseminação de informações é muito importante, para que a utilização destas

estratégias em larga escala possa tornar-se uma realidade palpável, colaborando para a sustentabilidade da arquitetura de forma concreta.

2.3 A questão energética na habitação

No Brasil, a questão da moradia emerge enquanto problema social e, um dos maiores problemas dos países em desenvolvimento é oferecer moradia e serviços básicos, principalmente para a população de baixa renda. A habitação de interesse social difere de outra habitação apenas pela disponibilidade financeira de seus moradores. As necessidades são as mesmas, porém, com o objetivo de minimizar os custos, os espaços são reduzidos e o projeto simplificado.

A elaboração de projetos de HIS, adequados ao clima e às características locais, não representa apenas um benefício aos moradores destas edificações, mas um projeto maior, de âmbito nacional e cujo objetivo é a melhoria dos assentamentos humanos e, principalmente, da qualidade de vida nas cidades brasileiras (BRASIL, 2005).

A habitação social no Brasil não está em geral, bem adaptada ao clima local, provocando más condições de conforto térmico e de iluminação, aumentando desnecessariamente o gasto de energia. Percebe hoje uma reprodução de tipologias de arquitetura sem nenhuma preocupação com especificidades regionais, sendo desconsideradas as diversidades socioeconômicas, culturais, climáticas e tecnológicas entre diferentes regiões do Brasil, o que resulta em construções de baixa qualidade construtiva que não atende às necessidades dos usuários.

De acordo com Brasil (2005, p. 22):

A melhor eficiência energética de uma habitação, seja ou não de interesse social, é alcançada sempre que o binômio “necessidade do usuário-oferta de

qualidade” da edificação é otimizado. Isto implica na busca de soluções de projeto arquitetônico com o maior grau de individualidade possível

A elaboração de projetos de habitação de interesse social deveria levar em consideração estratégias de intervenções arquitetônicas, urbanísticas e construtivas adequadas às características locais, tendo em vista as diferenças culturais, regionais e até mesmo orçamentárias nas diversas regiões do país. Assim, os benefícios não seriam restritos apenas aos moradores dessas edificações, mas se estenderia em âmbito nacional, já que nesses projetos as novas estratégias garantiriam o conforto ambiental e o uso eficiente de energia nessas edificações, proporcionando uma melhoria das condições de habitabilidade e uma economia de energia para o país.

Novos conceitos de projetos sustentáveis indicam as possibilidades de ambientes confortáveis, energeticamente eficientes e com baixo custo de manutenção. Do mesmo modo, é possível encontrar soluções para reabilitação ambiental de edifícios existentes, otimizando a iluminação natural, com o uso de conceitos e tecnologias inovadoras e preservando sua arquitetura original (GRILLO, 2005, p. 27).

2.3.1 O consumo de energia no setor

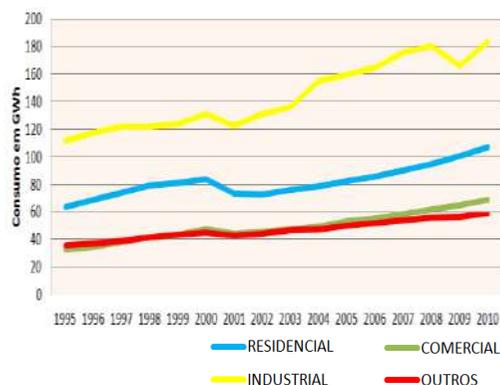
Os dados do Ministério de Minas e Energia (MME) demonstram que o consumo nacional de energia elétrica nas edificações representa 42% do consumo total de energia utilizada (LAMBERTS, DUTRA e PEREIRA, 1997).

Mascaró (1992) apud Almeida (2009) diz que:

20% a 30% da energia consumida seriam suficientes para o funcionamento da edificação; 30% a 50% da energia consumida são desperdiçadas por falta de controles adequados da instalação, por falta de manutenção e também por mau

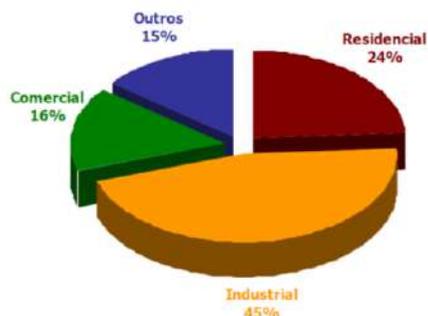
uso; 25% a 45% da energia são consumidos indevidamente por má orientação da edificação e por desenho inadequado de suas fachadas, principalmente.

GRÁFICO 02: Consumo nacional de energia elétrica por classe



Fonte: BRASIL, 2011.

GRÁFICO 03: Estrutura do mercado por principais classes de consumo - Novembro de 2007



Fonte: BRASIL, 2007

A energia elétrica, hoje, é considerada indispensável à vida humana. E, dentre os seus consumidores, o setor residencial foi o segundo que mais cresceu nos últimos anos, como pode ser observado no Gráfico 02, com dados fornecidos pela EPE (Empresa de Pesquisa Energética). A arquitetura nesse contexto apresenta-se como a grande responsável pelo uso racional de energia nas edificações.

Segundo a EPE o setor residencial representa uma fatia considerável do consumo de energia no país, aproximadamente 24%, o que corresponde a cerca de ¼ da energia elétrica total consumida no Brasil (Gráfico 03). Em 2007 o consumo energético no setor residencial chegou a 7.854 GBW. No gráfico 04 está apresentada a evolução mensal do consumo residencial no País, desde janeiro de 2005 a dezembro de 2007.

De acordo com a EPE a quantidade expressiva de novas ligações residenciais tem contribuído enormemente para o aumento do consumo da classe. Entre novembro de 2006 e de 2007 foram incorporados 1,7 milhão de consumidores residenciais, resultando em uma média de 142,5 mil ligações/mês. A entrada destes novos clientes ampliou em 3,4% o contingente de consumidores residenciais no País neste período.

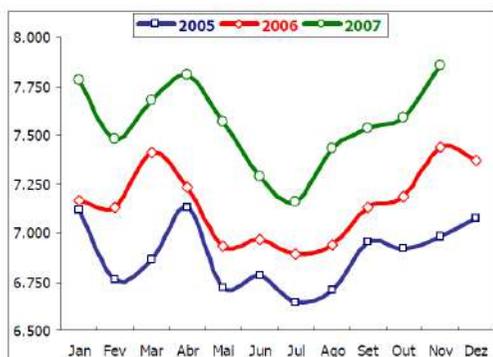
De acordo com Assis et. al. (2011), grande parte da energia consumida no país é destinada a geração de conforto aos usuários. A maioria das edificações desperdiça energia e aumenta seus custos operacionais por não considerar, desde o projeto arquitetônico, sua construção, até a utilização final, os critérios de desempenho e de produção construtiva derivados da dimensão bioclimática em arquitetura, bem como materiais, equipamentos e tecnologia construtiva vinculados à eficiência energética.

É certo que no Brasil há uma enorme disponibilidade de luz natural, no entanto, nota-se que este recurso é muitas vezes sub utilizado ou utilizado de maneira equivocada, gerando problemas para a edificação.

Pode-se obter maior eficiência através do uso da luz natural controlada, basicamente em dois modos: **Economia Direta** - através do uso otimizado da luz natural, há uma redução do uso da luz artificial. É necessário que haja um sistema de controle da luz artificial incorporado, de forma que quando há suficiente luz natural, a luz artificial seja desligada ou diminuída. Desta forma, é importante que o projeto de luz artificial seja integrado desde o início com o estudo do comportamento da luz natural. **Economia Indireta** - através da redução da carga do ar condicionado. Quando se há um bom projeto de luz natural, proporcionando a entrada de luz natural difusa controlada, há menores ganhos de calor solar e reduzem-se os ganhos de calor gerados pela iluminação artificial. Isto diminui a carga de refrigeração do ar condicionado (AMORIM, 2011).

Para tanto, a otimização da luz natural em novos projetos ou até mesmo em reformas, se torna uma estratégia eficaz para a redução do consumo de energia nas edificações.

GRÁFICO 04: Consumo total de energia (GWh)



Fonte: BRASIL, 2007

2.3.2 Legislação brasileira de eficiência energética

As iniciativas para tentar reduzir o consumo de energia e os métodos para a sua avaliação foram estimuladas pela crise do petróleo na década de 70, colocando a questão ambiental dentre uma das maiores preocupações mundiais. Esse processo desencadeou um plano de ação global, onde vários países criaram programas governamentais e legislações específicas para promover a eficiência energética, e consequentemente estabelecer um equilíbrio entre as necessidades econômicas, sociais e os recursos naturais.

Para superar a crise, a produção de eletricidade teve de crescer muito desde então. Entretanto, esta alternativa traz os inconvenientes do impacto ambiental causado por novas usinas, como: as possíveis inundações e deslocamentos de

existentes, novas edificações tiveram caráter voluntário entre 2008 e 2010, passando a ser obrigatória a partir de 2011 (FONSECA; COSTA; KRUGER, 2008).

Mais recentemente, em 2010, o Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) foi publicado sob Portaria n.º 449 do Inmetro, e é uma das iniciativas para a redução do consumo de energia em residências, visto que elas são grandes consumidoras de energia. O RTQ-R objetiva criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares, além de especificar os requisitos técnicos e os métodos para classificação dessas residenciais, permitindo a obtenção da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) do Inmetro.

A criação de uma etiqueta com um nível de eficiência a ser usada em novas edificações residenciais é uma iniciativa que pode auxiliar os consumidores a exigirem edificações com maior eficiência energética do que o mínimo exigido pela regulamentação e mais economia nos seus custos operacionais. Entretanto, alguns ajustes ainda precisam ser feitos, já que a regulamentação só considera alguns aspectos na avaliação da edificação, como a envoltória e o sistema de aquecimento de água (ver Figura 08). Aproveitar a disponibilidade da luz natural reduz o consumo de luz artificial e energia elétrica, que por consequência diminui o consumo e aumenta o desempenho energético dessas edificações.

2.4 Arquitetura e estratégias bioclimáticas

Vários exemplos da arquitetura ao longo da história mostram que o homem sempre esteve em busca da adequação da arquitetura ao clima. Mas com desenvolvimento das tecnologias de iluminação e climatização artificial, os princípios de construir em harmonia com o meio foram

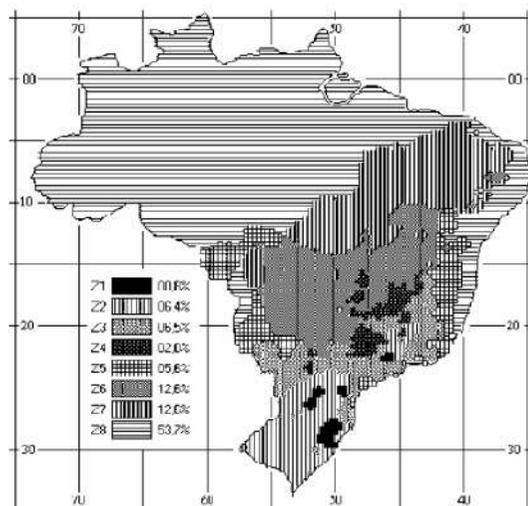


Figura 10: Zoneamento Bioclimático Brasileiro.

Fonte: ABNT, 2003.

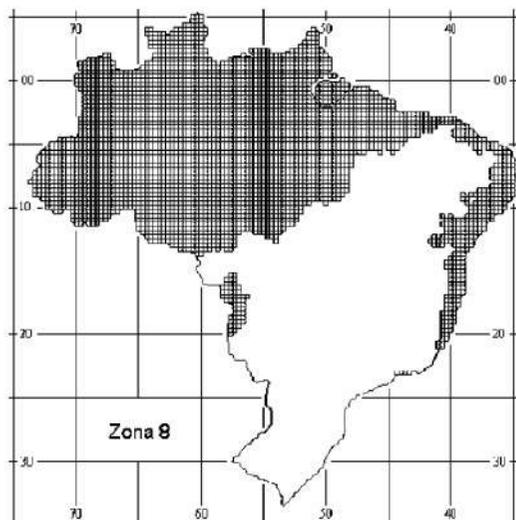


Figura 11: Zoneamento Bioclimático 8.

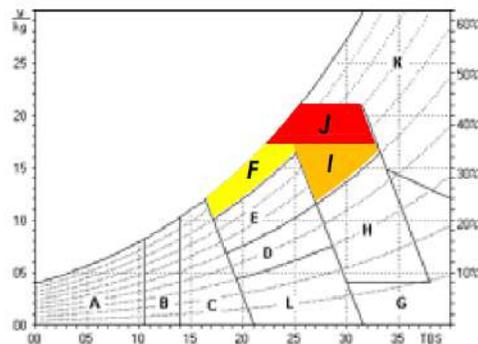
Fonte: ABNT, 2003.

postos de lado e por isso, hoje há uma tentativa de resgatar esses conceitos por meio da chamada Arquitetura Bioclimática.

Lamberts, Dutra e Pereira (1997, p. 104), destacam que a Arquitetura Bioclimática “[...] busca utilizar por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem”.

O termo projeto bioclimático foi criado pelos irmãos Olgay, nos anos 1960, quando a arquitetura foi concebida considerando as condições favoráveis do clima. Os irmãos Olgay também desenvolveram um diagrama bioclimático que foi apresentado no item que trata do conforto térmico. O diagrama propõe estratégias de adaptação da arquitetura ao clima.

Em 1969, Givoni cria uma carta bioclimática para edifícios onde aprimora algumas limitações do diagrama de Olgay, uma vez que considera as temperaturas internas do edifício, propondo estratégias construtivas para a adequação da arquitetura ao clima, enquanto Olgay aplicava seu diagrama estritamente para as condições externas. Segue abaixo a carta bioclimática para a cidade de João Pessoa (Figura 09), onde está localizado o objeto de estudo deste trabalho. Fazendo uma ligeira análise da carta bioclimática percebe-se uma concentração de pontos entre as temperaturas de 19°C e 30°C e com umidades relativas superiores a 50%.



- A – Zona de aquecimento artificial (calefação)
- B – Zona de aquecimento solar da edificação
- C – Zona de massa térmica para aquecimento
- D – Zona de Conforto Térmico (baixa umidade)
- E – Zona de Conforto Térmico
- F – Zona de desumidificação (renovação do ar)
- G + H – Zona de resfriamento evaporativo
- H + I – Zona de massa térmica de refrigeração
- I + J – Zona de ventilação
- K – Zona de refrigeração artificial
- L – Zona de umidificação do ar

Figura 12: Carta Bioclimático para o Brasil adaptada a partir de Givoni.
Fonte: ABNT, 2003.

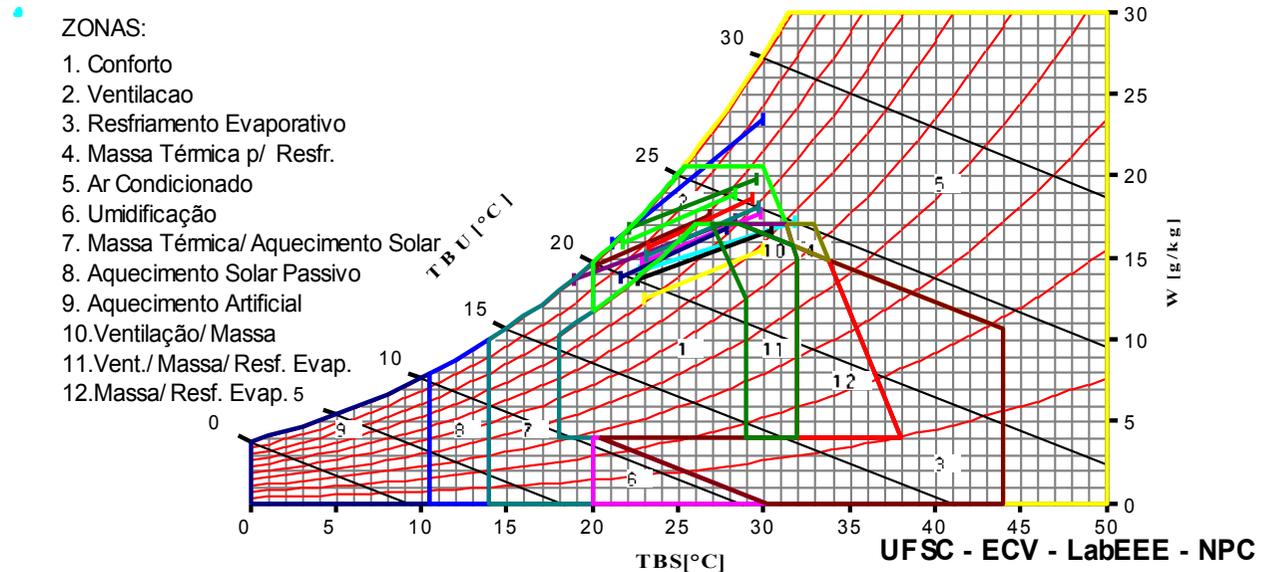


Figura 09: Carta Bioclimática para João Pessoa-PB.
Fonte: UFSC/ECV/LABEEEE/NPC

A Associação Brasileira de Normas e Técnicas – ABNT (2003), apresenta um zoneamento bioclimático do Brasil (Figura 10), a partir do qual foram desenvolvidas as recomendações projetuais específicas para cada zona. O método para classificação das zonas adotou a Carta Bioclimática para o Brasil, adaptada a partir da carta bioclimática sugerida por Givoni.

João Pessoa-PB está localizada na Zona Bioclimática 8 (Figura 11), e as estratégias propostas para esta zona são: F – zona de desumidificação (renovação do ar), I e J – zona de ventilação (Figura 12). Para tanto, são recomendadas as seguintes diretrizes construtivas: prover a edificação com grandes aberturas para ventilação e sombreá-las; e utilizar vedações externas, parede e coberta, leves refletoras.

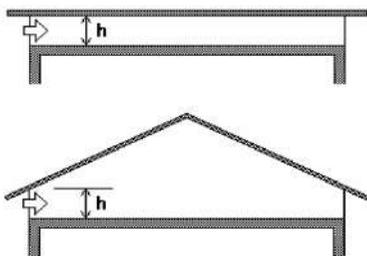


Figura 13: Aberturas em beirais para ventilação.

Fonte: ABNT, 2003.

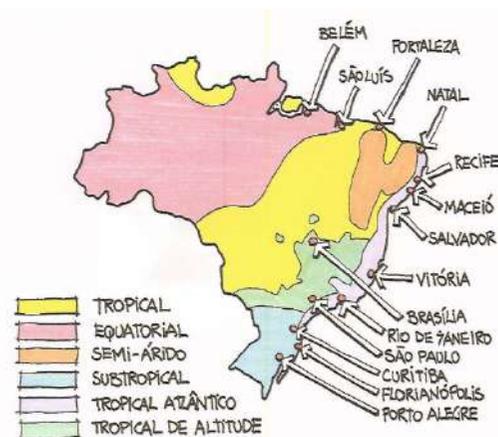


Figura 14: Mapa do Brasil com as seis regiões climáticas.

Fonte: Lamberts, Dutra e Pereira, 1997.

A solução de cobertura deve adotar a telha cerâmica que não seja pintada ou esmaltada e não ter forro. Outras soluções com transmitância térmicas superiores a estas também são aceitas. Para tanto é necessário que contenham aberturas para ventilação em toda a extensão dos beirais de no mínimo duas fachadas opostas (Figura 13).

Quanto ao condicionamento térmico passivo, para a zona bioclimática 8, a ABNT recomenda a ventilação cruzada permanente. Deve-se atentar para os ventos predominantes da região e para a possibilidade de transformação do entorno, pois isso pode alterar significativamente a intensidade e a direção dos ventos.

A sensação térmica é melhorada através da desumidificação dos ambientes, promovida pela renovação do ar interno através da ventilação dos ambientes, mas a ABNT lembra que no verão, durante as horas mais quentes, o condicionamento passivo é insuficiente.

João Pessoa-PB está localizada na região nordeste do Brasil, sua faixa litorânea apresenta clima tropical atlântico (Figura 14) que é caracterizado segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) por temperaturas médias variando entre 18°C e 26°C; chuvas abundantes concentrando-se no inverno; a amplitude térmica é predominantemente baixa ao longo do ano, devido a semelhança entre as estações verão e inverno, diferenciadas apenas pela presença da chuva mais constante no inverno. Esse clima tem características quente e úmido, com oscilações diárias e sazonais pequenas e elevados níveis de umidade. A temperatura da pele está sempre abaixo da temperatura do ar. O céu característico é parcialmente nublado, produzindo uma grande quantidade de radiação difusa e muita luminosidade.

Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (1997) o Brasil possui um clima bastante variado, devido ao seu imenso território e ao fato de se localizar entre os dois trópicos. Para simplificar

essa variabilidade adotou-se a divisão do clima brasileiro em seis regiões básicas, conforme a figura 14. As cidades que se apresentam no mapa são as que já possuem TRY (Test Reference Year).

No clima quente e úmido, de acordo com Lamberts, Dutra e Pereira (1997) a ventilação cruzada é uma ótima estratégia para melhorar a sensação térmica. Ela pode ser usada para duas finalidades complementares: resfriar o edifício aquecido pela radiação solar e por ganhos internos de calor; e provocar evaporação do suor, quando as correntes de ar entram em contato com o corpo humano, visto que o suor é uma das causas do desconforto térmico humano.

A ventilação natural se torna ainda mais importante nas edificações que não tem a possibilidade de utilizar equipamentos mecânicos de climatização para a obtenção do conforto térmico, como é o caso das habitações de interesse social, que dependem basicamente de um projeto arquitetônico eficiente.

Bittencourt e Cândido (2005) orientam que para projetar em climas quentes, antes de resfriar é indispensável proteger. Proteger contra os ganhos térmicos externos, através do sombreamento, principalmente das aberturas e, reduzir os internos (usuários e aparelhos elétricos). Utilização correta da vegetação e de cores claras são recursos eficientes para a redução dos ganhos externos de calor. outro fator importante é o aproveitamento da iluminação natural, que na maioria das vezes apresenta-se mais eficaz que a artificial, essencialmente, quando bem dimensionada.

2.5 Ferramentas de apoio ao projeto - simulação computacional

As simulações de desempenho, seja ele térmico, energético ou lumínico, podem ser realizadas através de programas computacionais que reproduzem os fenômenos físicos de uma edificação virtual modelada. Nos últimos tempos diversas ferramentas de simulação de edificações foram desenvolvidas com o principal objetivo de prever o desempenho dos diversos sistemas das edificações ainda na fase de projeto e com isso ser possível propor soluções mais eficazes.

Os programas computacionais têm sido cada vez mais aplicados pelo fato de poderem ser utilizados tanto para projetos que ainda estejam em processo de concepção, como para aqueles que já se encontram construídos, e necessitam de algum tipo de modificação, para fins de análises de viabilidade (ROMERO, 1995 apud MENEZES, 2006 p. 47).

Assim, a crescente utilização dos programas de simulação computacional se deve ao fato que, é possível diagnosticar um caso real modelado e avaliar seu desempenho com as mais diversas alterações de suas características, sejam elas relacionadas ao uso, aos elementos construtivos, ao sistema de iluminação (natural ou artificial), dentre outras variáveis. Em muitos casos, as medições in loco se tornam difíceis e até inviáveis, principalmente quando deve ser realizado em construções já habitadas ou em uso. Ainda são fatores que contribuem para uma maior utilização das simulações computacionais como ferramenta de projeto, a facilidade na manipulação de variáveis, baixo custo e o tempo de processamento.

Para tanto, se torna imprescindível dispor de informações climáticas disponíveis nos arquivos de dados climáticos horários (8.760 horas do ano) que são utilizados para representar as condições externas à edificação, tais como temperatura do ar, umidade relativa, radiação solar e ventos.

Segundo Oliveira, 2006, grande parte das ferramentas de simulação apresentam similaridade na abordagem. Os parâmetros que devem ser considerados para avaliação do desempenho de edificações podem ser agrupados em três categorias:

Variáveis climáticas – relacionadas aos aspectos do clima local (temperatura do ar externo, velocidade dos ventos, radiação solar, etc).

Variáveis de projeto – relacionadas ao projeto arquitetônico e construção da edificação (geometria, *layout* da planta, propriedades dos materiais, entre outros).

Variáveis de uso e ocupação – relacionadas ao comportamento dos usuários e operação da edificação (rotinas, cargas térmicas, operação de janelas, uso de equipamentos elétricos, entre outros).

Frente à necessidade de se utilizar cada vez mais *softwares* para simulação de ambientes, muitos programas computacionais nacionais e internacionais têm sido desenvolvidos. Dentre eles, realizou-se uma descrição sobre os software EnergyPlus e Daysim, os quais serão utilizados nas simulações desta pesquisa.

2.5.1 *DesignBuilder*

Segundo Venâncio (2010), o programa *DesignBuilder* consiste numa ferramenta para simulação de desempenho térmico e energético de edificações. O software apresenta confiabilidade, pois seu algoritmo baseia-se no EnergyPlus e sua interface gráfica apresenta versatilidade para modelagem.

O EnergyPlus baseia-se na junção dos recursos de dois programas: o BLAST e DOE-2. Entretanto, o EnergyPlus, segundo Venâncio (2010), apresenta funções mais elaboradas para

simulação de balanço térmico, maior precisão na predição de temperaturas do ar e radiante média, além de apresentar possibilidades mais apuradas de simulação para ambientes não condicionados. A interface do EnergyPlus não é amigável, apesar dos novos recursos.

O DesignBuilder trata-se de uma interface para o EnergyPlus que corrige suas limitações. Na interface do DesignBuilder, como pode ser visto na figura 15, o usuário dispõe de recursos amigáveis de modelagem tridimensional para reproduzir a geometria da edificação, após a modelagem da geometria, o passo seguinte é a modelagem dos sistemas construtivos, instalação predial e rotinas de ocupação.

O uso da ferramenta DesignBuilder permite respaldar decisões projetuais de novas edificações, bem como pode oferecer suporte a propostas de *retrofit*. Os principais usos da ferramenta são:

- Cálculo do consumo de energia: o programa fornece relatórios de consumo de climatização (*chiller, fans, pumps*), iluminação (*lighting*) e equipamentos (*Room electricity*), dentre outros dados mais específicos sobre o consumo de energia, além do consumo de outros tipos de combustível.
- Cálculo do desempenho térmico: relatórios de saída sobre as trocas térmicas por paredes externas (*walls*), paredes internas (*partitions*), pisos (*floor*), cobertas (*roofs*), forros (*ceilings*), infiltração (*infiltration*), ventilação (*ext. nat vent*), dentre outros e os ganhos térmicos internos provenientes da ocupação e da incidência de radiação por aberturas (*solar gains*).
- Cálculo de ventilação: além das perdas térmicas por ventilação, o programa calcula a taxa de renovação de ar por hora de um ambiente.

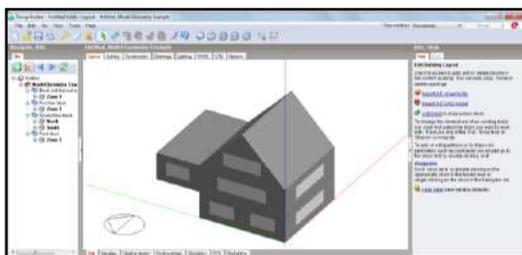


Figura 15: Interface gráfica do DesignBuilder.
Fonte: arquivos da autora.

- Predição de temperatura do ar (*air temperature*) e temperatura radiante média (*radiant temperature*).

2.5.2 Daysim

O Daysim trata-se de programa de análise da iluminação natural desenvolvido pelo *National Research Council Canada* (NRCC), que utiliza o algoritmo do RADIANCE¹⁰ para calcular eficientemente as iluminâncias internas de um ambiente no período de um ano (REINHART, 2006 apud DIDONÉ, 2009, p. 51). O programa trabalha com dados anuais através de arquivos climáticos completos no formato TRY (Test Reference Year), ou seja trabalha com os dados climáticos de um ano típico. O TRY contém informações climáticas para as 8.760 horas do ano.

Para realização da simulação é necessário um modelo tridimensional do ambiente a ser analisado que pode ser importado do *Ecotect* ou *Sketchup*. No modelo são definidas a orientação geográficas e as propriedades físicas das superfícies.

A interface do programa é bastante simplificada, como pode ser observado na figura 16. A preparação para simulação obedece a um *check list* que começa com a importação do arquivo climático da cidade (*site*); logo após, a importação da geometria da edificação, onde também são definidas as propriedades dos materiais e os pontos de sensores (*Building*); o passo seguinte é dá início a simulação (*Simulation*). Ao fim da simulação são definidos parâmetros



Figura 16: Interface gráfica do Daysim
Fonte: arquivos da autora

¹⁰ O RADIANCE é um programa de simulação baseado no comportamento físico da luz, desenvolvido nos Estados Unidos, na Universidade da Califórnia. O programa prediz a distribuição de iluminâncias e luminâncias em edificações sob condições de céu definidas. Possui um mecanismo baseado no método de cálculo Ray-trace largamente utilizado e aceito na avaliação de iluminação natural em edificações (DIDONÉ, PEREIRA apud WARD, 1993).

como: horário de ocupação da edificação, nível de iluminância, entre outros e gerado um relatório de análise (*analysis*) onde constam de dados de: iluminância, *Daylight Factor* (DF), *Useful Daylight Illuminance* (UDI) e *Daylight Autonomy* (DA), além de dados sobre o consumo de iluminação artificial.

O parâmetro *Daylight Autonomy* pode ser definido com o percentual, das horas de ocupação do ambiente, em que um determinado nível de iluminação pode ser mantido apenas com o sistema de iluminação natural (REINHART, 2006 apud DIDONÉ, 2009, p. 51). Enquanto com o *Useful Daylight Illuminance* são definidos os percentuais em que a iluminação encontra-se nos intervalos: menor que 100 lux, entre 100 e 2000 lux e superior a 2000 lux.

O *Daysim* integra um algoritmo comportamental chamado *Lightswitch*, que busca prever as ações dos sistemas de controle de iluminação ou de usuários no controle do sistema de iluminação em relação ao nível de iluminação. Esse modelo permite a simulação sub-horária do uso da iluminação a partir do comportamento dinâmico de iluminação e possibilita exportar um relatório de utilização dos sistemas de iluminação e cortinas em todas as horas do ano (BOURGEOIS et al., 2006 apud DIDONÉ, 2009, p.52).

2.6 Retrofit como ferramenta de atualização das edificações

O conceito de *retrofit* é estreitamente relacionado com inovação tecnológica, pois são necessários recursos tecnológicos muitas vezes especialmente desenvolvidos para que seja possível resolver a renovação de determinados elementos arquitetônicos, visando a valorização do empreendimento e a melhoria do seu desempenho operacional e energético (ESTEVEZ; LOMARDO, 2009).

Segundo Faggin (2004) apud Grillo (2005), o retrofit tem origem nas expressões latina “retro” que significa movimentar-se para trás e inglesa “fit” que significa adaptação, ajuste. O termo surgiu nos Estados Unidos e na Europa no final da década de 1990. Conforme dito por Qualharini (2000), a prática do retrofit tem o intuito de revitalizar edifícios antigos, aumentando sua vida útil, por meio da incorporação de modernas tecnologias e utilização dos mais avançados materiais.

Para Qualharini (2000), *retrofit* apresenta-se como o processo de interferir em uma benfeitoria, que foi executada em padrões inadequados as necessidades atuais. Portanto, o processo de *retrofit* constitui-se num conjunto de ações realizadas para o beneficiamento e a recuperação de um bem, objetivando a melhoria do seu desempenho, com qualidade ou a um custo operacional viável da utilização da benfeitoria no espaço urbano.

Contudo, o *retrofit*, além de buscar a adequação às perspectivas de uma nova utilização, deve buscar também a eficiência, sabendo que é mais difícil do que iniciar uma obra, em função das limitações físicas da antiga estrutura. Entretanto, a redução do prazo, a viabilidade econômica e a adequação geográfica do imóvel certamente estimulam cada vez mais a adoção desta prática. E ainda pode-se considerar que *as áreas para novos empreendimentos estão cada vez mais escassas e caras, se tornando mais um incentivo à prática do retrofit.*

2.7.1 Referências de processos de retrofit

O retrofit sempre foi uma prática bastante difundida e aceita nos Estados Unidos e nos países europeus devido à rígida legislação que não permitiu que o rico acervo arquitetônico fosse substituído, abrindo assim espaço para o surgimento do *retrofit* como ferramenta de



Figura 17: Residencial Umbu, na cidade de Porto Alegre – RS.

Fonte: <http://www.vitruvius.com.br/>



Figura 18: Edifício Fernão Sales, São Paulo-SP.

Fonte: Caixa Econômica Federal

solução para os problemas urbanos existentes. Esta ao mesmo tempo em que preserva o patrimônio histórico, também permite a utilização adequada do imóvel.

Nacionalmente, o retrofit de edificações tem sido uma opção de reforma incentivada por políticas fiscais e pela iniciativa privada. Um cenário bastante promissor já que os nossos edifícios históricos das áreas centrais urbanas estão “envelhecendo” e com isso edificações de importância no contexto de nossas cidades estão deteriorando-se (ESTEVES; LOMARDO, 2009).

No Brasil, essa prática tem sido observada em edifícios comerciais construídos em áreas centrais e que se encontram subutilizados ou quase vazios, com seus valores depreciados em função de sua obsolescência tecnológica e da inadequação dos seus espaços, aos usos e atividades atuais. Algumas dessas edificações são tombadas ou estão sob regime de proteção ou preservação, que impede sua demolição (SILVA e QUALHARINI, 2004 apud GRILLO, 2005).

Uma solução encontrada para tornar estes edifícios mais atrativos e inseri-los à estrutura da cidade tem sido a readequação dessas edificações por meio da incorporação de tecnologias que agreguem valor ao imóvel, através das quais pode-se citar: a racionalização do consumo de energia, o incremento do conforto ambiental, da segurança e da funcionalidade para o usuário. Muitas cidades brasileiras e de outros países, nas últimas décadas, tem focado seu planejamento na reforma da dinâmica de suas áreas centrais. Uma estratégia amplamente utilizada para a revitalização dos centros urbanos é o retorno do uso habitacional, que tem como intuito regatar a ocupação da área em horário integral. Esta ação ganha força em decorrência da existência de um amplo estoque de edificações, presentes nestas áreas, que se encontram em mau estado de conservação, ociosas, subutilizadas ou em estado de ruína, à espera de ações de requalificação e inserção no mercado imobiliário.

De acordo com Bonates (2009b), e segundo dados da Caixa Econômica Federal até abril de 2008 foram financiadas 1.425 unidades em 26 edifícios, no âmbito da reabilitação de áreas centrais. Estes edifícios estão localizados nas principais capitais brasileiras – São Paulo, Rio de Janeiro, Salvador, Porto Alegre, etc. – e também em Pelotas, conforme identificado no quadro 05. Salieta-se que, a reforma destes edifícios foi realizada pelo PAR (Programa de Arrendamento Residencial) e em muitos casos está associado a uma política local, seja do governo estadual ou municipal.

QUADRO 05: Financiamentos concedidos de reabilitação habitacional.

Cidade	Operações contratadas	Nº de unidades contratadas	Média de unidades por edifício
São Paulo	7	709	101
Rio de Janeiro	6	70	11
Salvador	5	41	8
Porto Alegre	4	309	77
São Luís	1	16	16
Pelotas	1	140	140
Belém	1	66	66
Recife	1	56	56
Total	26	1.425	54

Fonte: Bonates (2009b).

A exemplo de Porto Alegre, segundo dados da Caixa Econômica Federal, os quatro edifícios reabilitados foram: Edifício Sul America (78 uh); Residencial Umbu (123 uh); Edifício Bento Gonçalves e Charrua (80 uh); e o Residencial Arachã (28 uh). Estes edifícios são predominantemente verticais (acima de sete pavimentos).

O edifício Sul America, construído em 1938, antes de sua reabilitação era um edifício residencial com 26 apartamentos de classe alta. Após a reabilitação em 2003 passou a comportar unidades habitacionais com área entre 22 e 37 m² e um dormitório. Os edifícios Bento Gonçalves e Charrua reabilitados em 2004 são compostos por habitações com dois quartos e



b)



c)

Figura 19: a) Fachada do edifício Rizkallah Jorge; b) Apartamento do tipo estúdio

Fonte: Bonates (2009).

áreas entre 42,62 m² e 55,91 m². O Residencial Umbu (Figura 17) era anteriormente um hotel, com a reabilitação foi transformado em residencial variando entre Kitchenette (32 unidades) e unidades habitacionais com um e dois quartos (91 unidades) com áreas entre 34,56 m² e 54,06 m².

Segundo Bonates (2009b), o primeiro edifício reabilitado no Brasil se localiza na cidade de São Paulo. Trata-se do Fernão Sales (Figura 18), que anteriormente possuía uso comercial passando ao uso habitacional com 54 unidades em 2001. O edifício é conhecido como o projeto piloto dentro da política de reabilitação de edifícios vazios realizada pela parceria entre Caixa Econômica e Prefeitura Municipal de São Paulo. A ocupação realizada em 2000 pelo Movimento de Moradia do Centro (MMC) resultou na reforma do edifício no mesmo ano.

Ainda na cidade de São Paulo merece especial destaque o edifício Rizkallah Jorge (Figura 19), de 17 pavimentos, que de acordo com Maleronka (2005) apud Bonates (2009) é “propagandeado afora como o grande exemplo de PAR-Reforma bem-sucedido. Este edifício foi construído na década de 1940 e passou por usos diversos antes de ser recuperado pelo PAR. Com a recuperação, o edifício passou a abrigar 167 novas unidades do tipo estúdio, contendo sala/dormitório, cozinha americana com área de serviço integrada e banheiro, distribuídos em uma área privativa média de 30m². Por fim, esse edifício foi entregue em 2003 para famílias indicadas pelo Movimento para a Moradia no Centro (MMC).

Outro exemplo significativo em São Paulo é o do antigo Hotel São Paulo (Figura 20), construído na década de 1940. Esse edifício, que foi um hotel, passou a abrigar em seus 21 pavimentos, famílias ligadas ao Movimento do Fórum dos Cortiços (Moradia Popular no Lugar de Hotel) (Figura 9). As suas unidades habitacionais também apresentam tipos diferentes, 27



Figura 20: Antigo Hotel São Paulo, na capital paulista
Fonte: Bonates (2009b).

apartamentos do tipo kitchenette, 103 com um quarto e 22 com dois quartos, com áreas variando entre 25,70 e 49,81 m².



O antigo Edifício do IPASE-PB

O edifício, antiga sede do Instituto da Previdência e Assistência aos Servidores do Estado (IPASE) está localizado no centro da cidade de João Pessoa-PB, na Praça Vidal de Negreiros, limitando-se a leste pela Rua Duque de Caxias e a norte pela Avenida Guedes Pereira (Figura 21). Essa área da cidade é caracterizada como um marco da modernização dos transportes, após a implantação dos bondes elétricos na década de 1920; local de reivindicações públicas; lugar de encontros e mais tarde, nos anos 70, veio a construção do viaduto Damásio Franca, símbolo do progresso.



Figura 22: Edificações do entorno do Edifício IPASE.
Fonte: Acervo próprio.

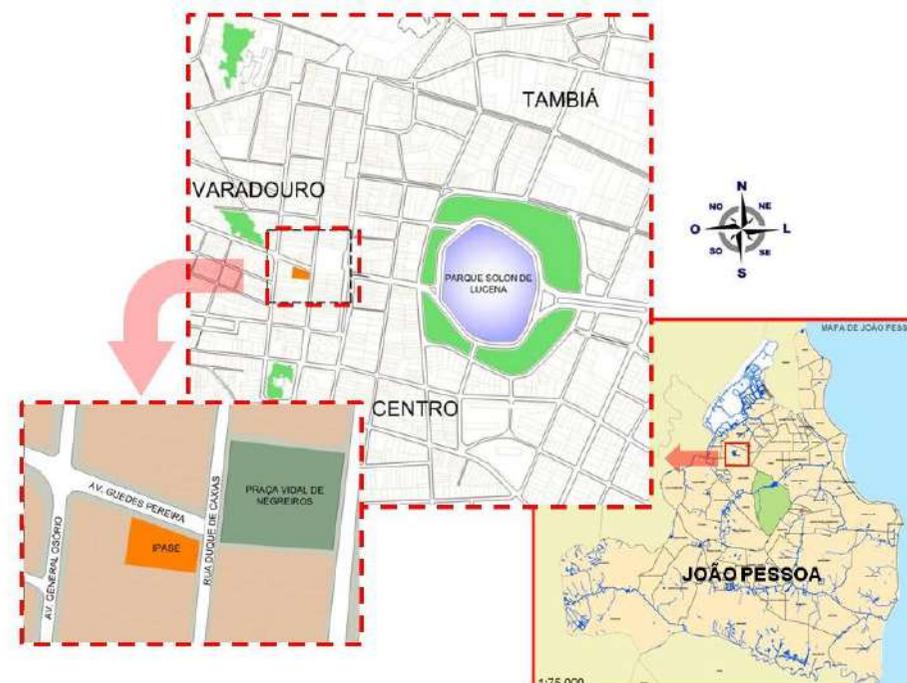


Figura 21: Mapa de João Pessoa com ampliação dos arredores do Parque Solon de Lucena e localização do Edifício Sede do IPASE.

O gabarito das edificações no entorno do IPASE é relativamente baixo, variando entre dois e quatro pavimentos, no entanto, o Edifício Regis (1964) com 17 pavimentos, localizado no seu lado direito representa o gabarito mais alto nesta área (Figura 22). O uso predominante das edificações desta área é o comercial e de serviço.

O IPASE é considerado precursor da verticalização na cidade e exemplar representativo da produção da Arquitetura Moderna em João Pessoa (Figura 23). Foi projetada por Benedicto de Barros¹ e construída entre os anos de 1949 e 1951, rompendo com o panorama arquitetônico que vinha sendo construído na cidade, especialmente no que se refere às edificações altas.

O processo de verticalização de João Pessoa teve início devido a alguns incentivos do Estado que buscava “modernizar a imagem da cidade”. De acordo com Pereira (2008) o primeiro incentivo partiu da aprovação do novo Código Municipal de João Pessoa em 1955, onde a instalação de elevadores passou a ser mais regulada, eliminou-se sua necessidade em edifícios com até quatro pavimentos, permitindo superar a freqüente altura máxima das construções locais, até três pavimentos. Entretanto, a Lei Municipal nº 299 de 1956 que concedia isenção dos impostos durante cinco anos aos prédios com mais de três pavimentos, que iniciassem a sua construção em, no máximo, dois anos depois da publicação dessa Lei. Incentivo que sem dúvida demonstrava a vontade de acelerar o processo de verticalização, ao estabelecer um prazo curto para o início da construção cujos proprietários quisessem receber o benefício. A Lei Municipal nº. 440 de 1957 foi ainda mais determinante, quando passa a determinar a verticalização, não apenas incentivá-la. Foi proibida a construção de edifícios com menos de três andares nas Avenidas Guedes Pereira, Barão do Triunfo, Praças 1817, Vidal de Negreiros e



b)

Figura 23: Edifício Sede do IPASE no final dos anos 1950.

Fonte: acervo de Humberto Nóbrega

¹ Arquiteto do Departamento de Obras do Governo Getúlio Vargas.



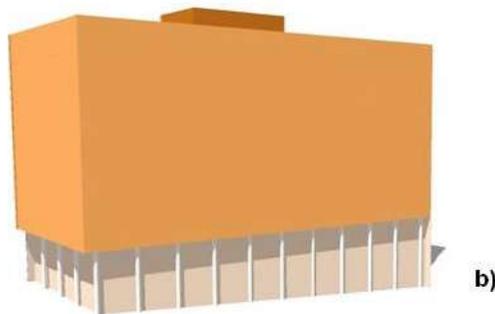
João Pessoa, Ruas Duque de Caxias e Visconde de Pelotas. Essa região trata-se da área central e valorizada da cidade, anteriormente ocupada por residências e que passava a ser tomada pelo comércio abrigando os primeiros edifícios altos de escritórios e também de uso misto.

Durante todo o início da década de 1950 o IPASE representou o símbolo maior de modernidade e progresso em João Pessoa, com seus sete pavimentos além do apartamento do zelador na cobertura e o subsolo já esboçava a iminência do processo de verticalização que chegava à cidade.

A arquitetura do IPASE é incontestavelmente moderna, apesar da implantação nos limites do lote. O prédio se configura basicamente como um prisma de linhas retas com formato irregular, constituído de um corpo principal de cinco pavimentos-tipo apoiado sobre uma base onde se encontram mezaninos que se distribuem no decorrer do desnível do terreno (Figura 24). A área do sítio que recebeu o IPASE tem aproximadamente 981 m², sendo 18,80 m de frente (Rua Duque de Caxias), 43 m lateral direita (Av. Guedes Pereira), 41,5 m lateral esquerda e 28 m de fundo (Figura 24). As fachadas que apresentam um número maior de aberturas (Figura 25) apresentam orientação 100° leste e 30° norte. No Apêndice A é apresentado o projeto arquitetônico original do edifício digitalizado a partir do trabalho de Guimarães (2009).



a)



b)

Figura 24: a) Locação do IPASE; b) volumetria.

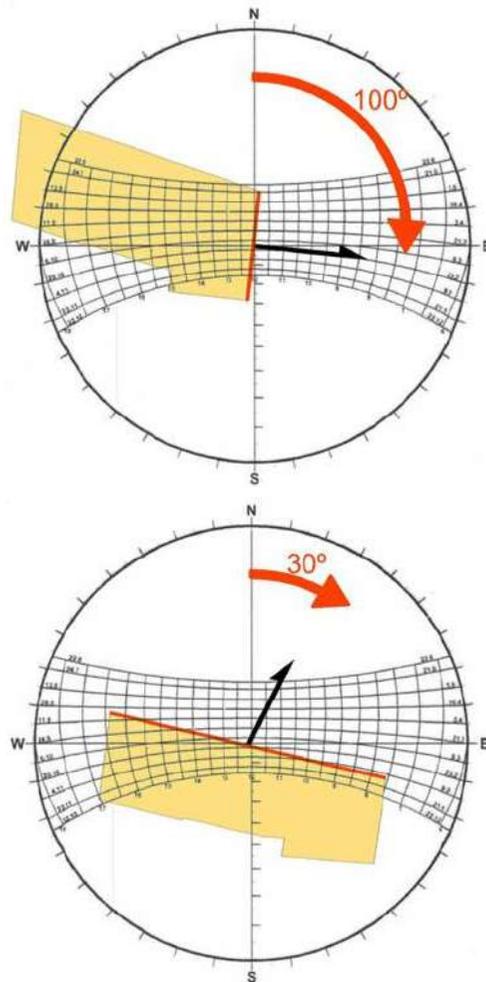


Figura 26: Carta Solar. a) Posição da fachada leste; b) Posição da fachada norte.

Fonte: construído pela autora



Figura 25: a) Edifício IPASE – fachada leste; b) Edifício IPASE – fachada norte.
Fonte: Acervo próprio.

Sobrepondo a forma da edificação predominante com a carta solar, conforme orientação citada anteriormente (Figura 26), verifica-se que a fachada leste (100°) recebe a insolação durante praticamente toda a manhã ao longo do ano, sendo mais intensa nos meses de dezembro a fevereiro, onde o sol incide diretamente das 5:30h às 12:00h, aproximadamente. A fachada norte (30°) recebe o sol da manhã durante praticamente o ano inteiro (fevereiro a outubro); e a tarde o sol incide sobre essa fachada de maio a agosto.

Segundo estudo realizado por Lima (2010), a direção e intensidade dos ventos em João Pessoa a 10 m de altura é predominantemente sudeste, conforme Figura 27. Sobrepondo ao diagrama notamos que as fachadas mais favorecidas com os ventos são a leste que consegue captar grande parte dos ventos sudeste por sua permeabilidade. E, ainda a fachada sul que não

é tão favorecida devido ao número reduzido de aberturas, ocasionado pela posição dos sanitários e circulação vertical e também por parte da fachada possui empena cega (Figura 28).

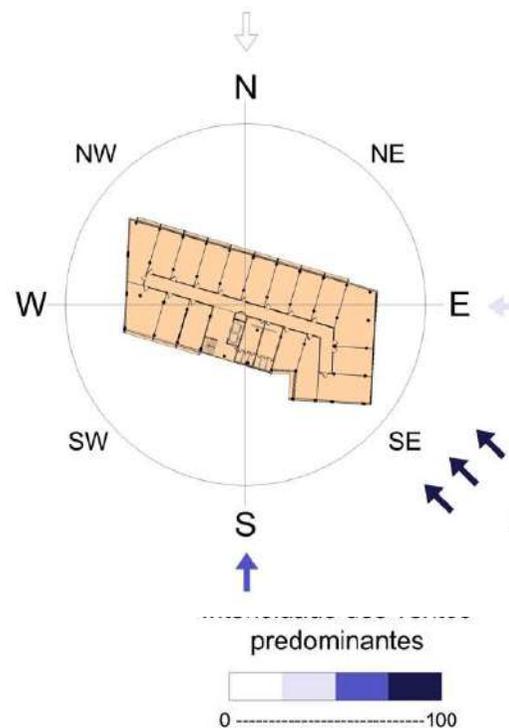


Figura 28: Intensidade dos ventos que chegam ao Edifício Sede do IPASE.
Fonte: construído pela autora

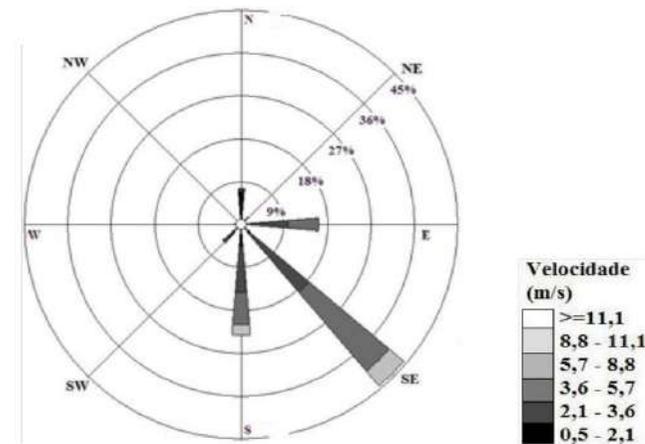


Figura 27: a) Rosa dos ventos de João Pessoa, velocidade e direção para ventos a 10 m acima da superfície.
Fonte: LIMA, 2010. Revista de Geografia – UFPE.

A lâmina do edifício apresenta formato irregular com aproximadamente 981 m². A sua organização espacial demonstra a racionalização da estrutura independente. A edificação é composta por sete pavimentos, nos quais se distribuem o térreo, o mezanino, os pavimentos-tipo e a circulação vertical. Ainda, no nível da cobertura localiza-se a casa de máquinas, o apartamento do zelador e a caixa d'água. No pavimento tipo que são cinco, estão dispostos bateria de banheiros e as salas comerciais que se distribuem ao longo de um corredor central (Figura 29). No térreo e no mezanino encontram-se as áreas destinadas ao comércio, ao atendimento ao público, a administração e os ambientes de serviço (Figura

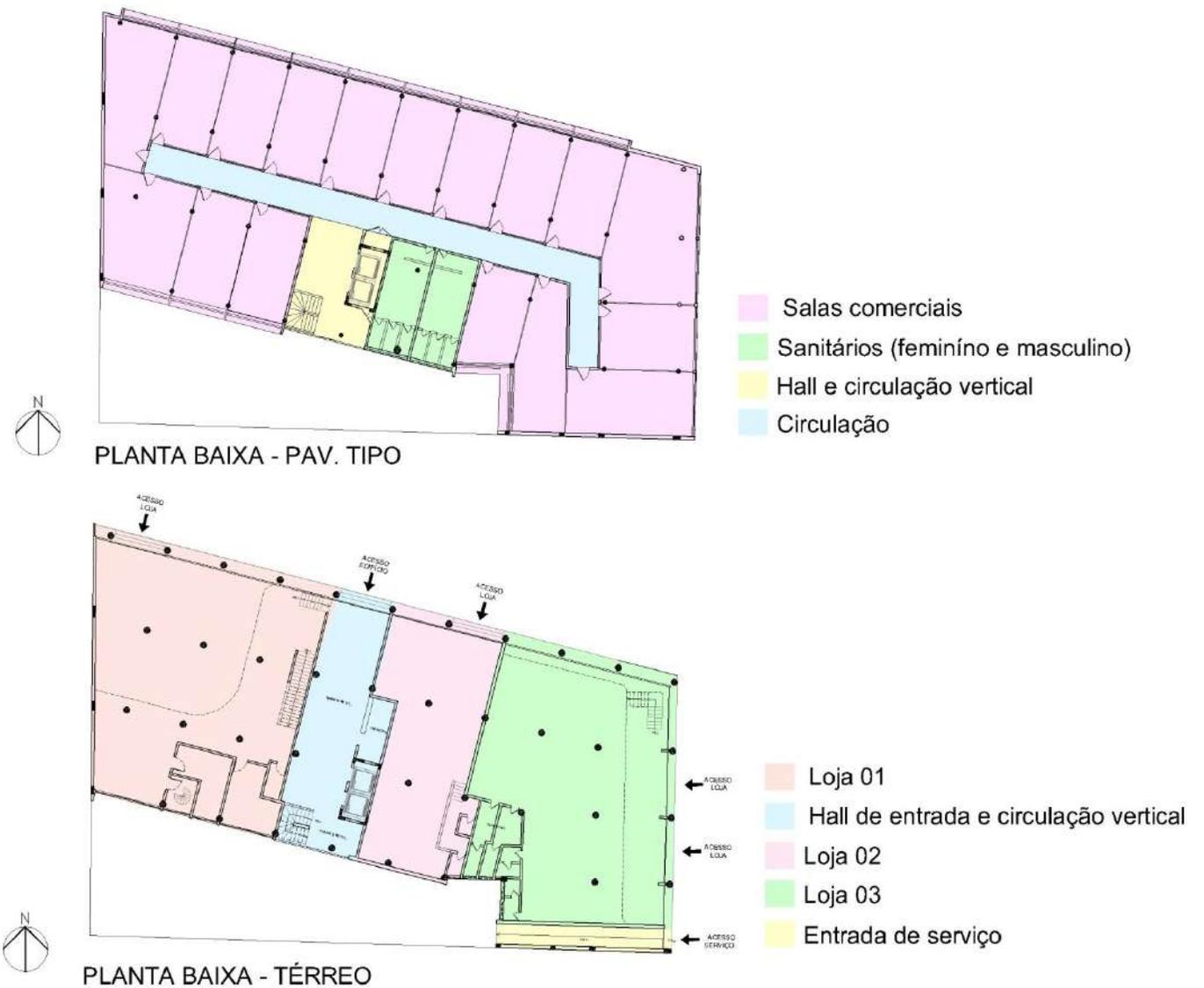


Figura 29: Planta Baixa térrea e pavimento tipo do Edifício Sede do IPASE.

A composição da fachada norte é obtida a partir de uma grelha formada por elementos verticais e horizontais em concreto armado que saltam a fachada e separam as janelas evidenciando a divisão das salas no interior do edifício. Estes elementos contribuem para a atenuação dos rigores do clima e também para uma maior dinamicidade da fachada. Na fachada leste as janelas são recuadas do plano da fachada criando também uma grelha que marcam os limites das janelas (Figura 25). Parte da fachada sul é constituída de elementos vazados de concreto, onde se localiza a escada; outra parte apresenta janelas de vidro com estrutura de madeira no plano da fachada, onde se localizam os banheiros; e outra parte obedece a mesma configuração das fachadas norte e leste, janelas recuadas do plano da fachada criando uma grelha com planos verticais e horizontais que servem como elementos de proteção dos rigores climáticos (Figura 30). Já a fachada oeste é constituída de uma empena cega, assim como parte da fachada sul que faz limite com a edificação vizinha.



Figura 30: Edifício IPASE – fachada sul.
Fonte: Yuri Duarte

As janelas que compõem as fachadas são em estrutura de madeira com fechamento de vidro incolor, peitoril de 1,00 m e altura de 1,80 m encostando-se ao teto. Na fachada norte a janela é do tipo deslizante com duas folhas fixas e duas corrediças, além de bandeira fixa na parte superior, obedecendo uma modulação de aproximadamente 3,80 m. Na fachada leste é do tipo maxim-ar com 6 folhas e bandeira fixa, obedecendo uma modulação de cerca de 4,40 m (Figura 31).

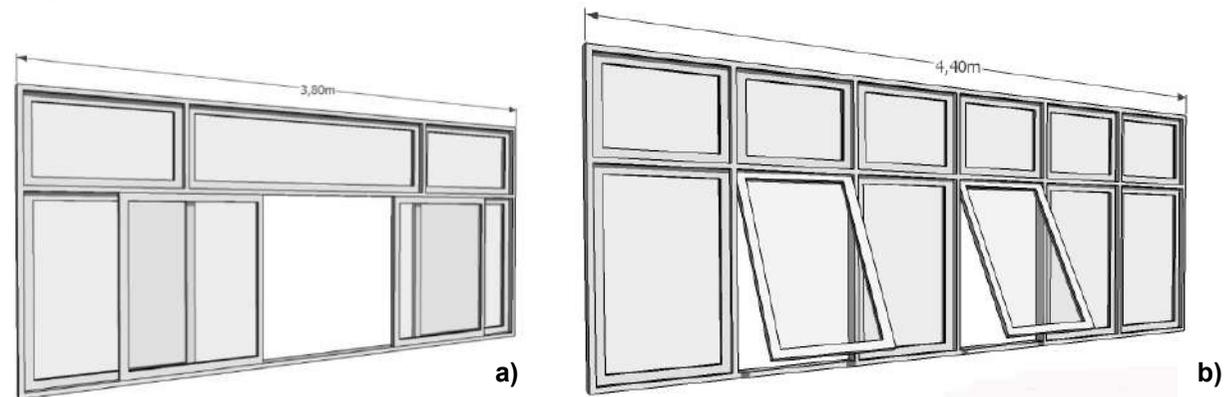


Figura 31: a) Janela da fachada norte; b) Janela da fachada leste.

A Tabela 02 apresenta os valores das áreas (m^2) de aberturas e de fachadas do edifício sede do IPASE. Para o levantamento das áreas de aberturas não foram computados as espessuras dos caixilhos das esquadrias e das lajes de piso, intermediárias e de cobertura. As áreas de fachadas correspondem ao somatório das áreas de aberturas e dos fechamentos opacos das superfícies externas da construção.

TABELA 03: Áreas de abertura das fachadas

	FACHADA NORTE		FACHADA LESTE		FACHADA OESTE	
	Abertura	Total	Abertura	Total	Abertura	Total
Térreo	168,1m ²	231,6m ²	41,87m ²	45,0m ²	0,00m ²	0,00m ²
Mezanino	76,15m ²	119 m ²	44,56m ²	55,8m ²	0,00m ²	0,00m ²
Pav. tipo	49,05m ²	119 m ²	21,6m ²	50,4m ²	0,00m ²	0,00m ²
TOTAL	293,3m ²	507,8m ²	107,9m ²	171,1m ²	0,00m ²	0,00m ²

O sistema estrutural adotado no edifício IPASE é o do tipo independente. É composto de uma malha regular de pilares de secção circular soltos das fachadas. Nas duas empenas cegas do edifício há pilares de secção retangular embutidos, através dos quais são descarregados os esforços lateralmente, apesar de não se tratar de alvenaria estrutural. Essa solução é bastante utilizada em edifícios altos, principalmente os destinados a escritórios ou repartições públicas, por permitir a liberação da fachada e maior flexibilidade em planta. As lajes que dividem os pavimentos tem espessura de aproximadamente 30 cm. Trata-se de um sistema de laje nervurada invertida, formando caixões entre as nervuras, os quais são preenchidos com carvão para então, receber o contra piso.

A alvenaria de vedação externa é em tijolo cerâmico, provavelmente maciço ou de seis furos. O material que reveste as fachadas é o cirex, uma espécie de massa raspada com mica, que dá um aspecto de alvenaria de pedra aparelhada. Os pilares voltados para o exterior são revestidos com pastilhas brancas.



Metodologia

Para atingir os objetivos propostos, a metodologia aqui adotada fundamenta-se em uma pesquisa aplicada que, segundo Silva (2001), objetiva gerar conhecimento dirigido à solução de problemas específicos, envolvendo verdades e interesses locais, e ainda descritiva através da coleta de dados e observação sistemática, assumindo a forma de levantamento (Gil, 1991).

Com relação à forma de abordagem, ela deve ser considerada como pesquisa qualitativa, pois apesar de se usarem dados quantitativos, se deseja conhecer as condições da qualidade de conforto ambiental e eficiência energética da proposta de habitação social para o edifício antiga sede do IPASE. Com a análise dos resultados, apresentar informações que possam subsidiar decisões em relação ao edifício em análise e também outros em condição similar.

Segundo os procedimentos de coleta de dados, a pesquisa é do tipo bibliográfica, documental e experimental. Gil (2002), diz que a pesquisa experimental, ao contrário do que faz supor, não precisa ser realizada em laboratório. Pode ser observada em qualquer lugar, desde que apresente as seguintes propriedades:

- “Manipulação: o pesquisador precisa fazer alguma coisa para manipular pelo menos uma das características dos elementos estudados;
- Controle: o pesquisador precisa introduzir um ou mais controles na situação experimental, sobretudo criando um grupo de controle;
- Distribuição aleatória: a designação dos elementos para participar dos grupos experimentais e de controle deve ser feita aleatoriamente”.

Este trabalho visa analisar o comportamento da ventilação e iluminação natural, através de simulação computacional, e a eficiência energética com a aplicação do Regulamento Técnico da Qualidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais na proposta de habitação para o edifício antiga sede do IPASE. O trabalho envolve métodos de pesquisa de

campo e simulação, além de pesquisa bibliográfica apresentada anteriormente. Os procedimentos do desenvolvimento do trabalho são apresentados no fluxograma da Figura 32.

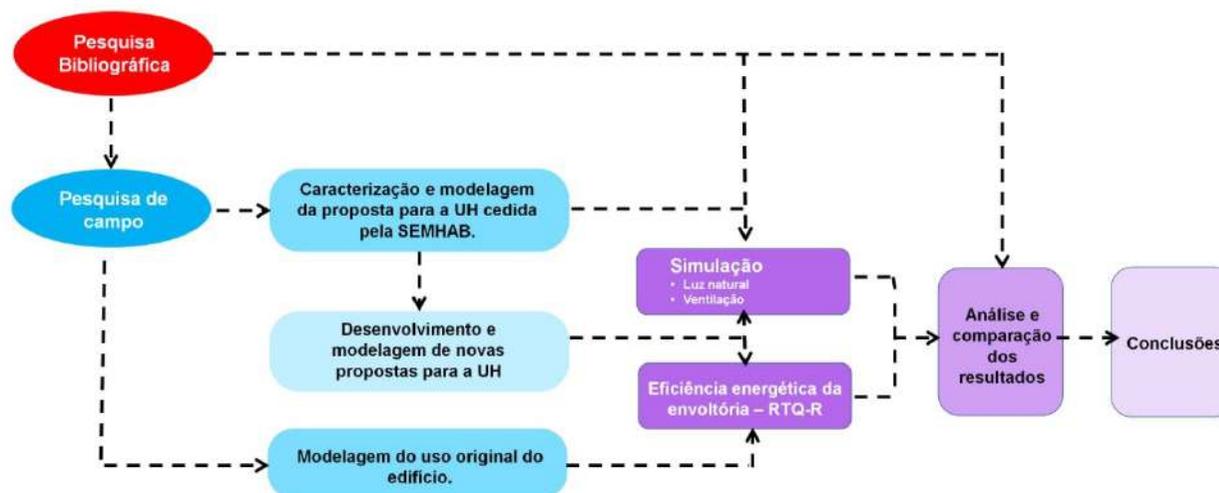


Figura 32: Fluxograma dos procedimentos metodológicos

O procedimento de pesquisa de campo seguiu-se através da descrição e caracterização do edifício do IPASE, apresentado no item anterior; e da aquisição da proposta desenvolvida pela SEMHAB. Esta etapa consistiu na coleta de informações sobre o edifício estudado, no levantamento fotográfico e na aquisição dos desenhos técnicos do edifício e da proposta de unidade habitacional.

Após a pesquisa de campo, foi dado início ao processo de modelagem e as simulações da iluminação e ventilação natural com os software Daysim e DesignBuilder, respectivamente. Primeiramente, as simulações ocorreram para o uso original do edifício, em seguida para a proposta cedida pela SEMHAB. Simultaneamente, foram desenvolvidas propostas de módulo

habitacional baseado no da SEMHAB como também, foi desenvolvida uma proposta de configuração do pavimento tipo, tendo como condicionante a melhoria no desempenho da iluminação e ventilação natural.

Ainda nesta etapa foi verificada a eficiência da envoltória do pavimento tipo do edifício, considerando a configuração proposta. O procedimento utilizado foi o método prescritivo do Regulamento Técnico da Qualidade para nível de eficiência energética de edificações residenciais - RTQ-R.

Os resultados serão analisados e comparados segundo algumas normas (ABNT's) que tratam do desempenho da iluminação e ventilação natural de edificações residenciais. E ainda, será comparado o desempenho verificado entre o uso original do edifício e a situação proposta. A análise e comparação dos resultados é o produto final da pesquisa, conduzindo à conclusões sobre a viabilidade da modificação do uso original do edifício e a eficiência da metodologia adotada.

4.1 Apresentação da proposta

Como já mencionado anteriormente, este trabalho tem como objeto de estudo o edifício antiga sede do IPASE-PB. O estudo se concentra na análise da eficiência energética (RTQ-R), da iluminação e da ventilação natural de uma proposta desenvolvida pela Secretaria de Habitação Social do Município de João Pessoa (SEMHAB). Hoje, o edifício está sob posse do Ministério das Cidades que em parceria com a Prefeitura Municipal está desenvolvendo uma proposta de reabilitação do edifício, através do programa Minha Casa, Minha Vida I.

A proposta consiste na adequação do pavimento tipo do edifício em unidades habitacionais, as quais devem atender aos pré-requisitos estabelecidos pelo Programa de

financiamento “Minha Casa, Minha Vida I”: ser compostas de dois quartos, sala, cozinha, banheiro e área de serviço, totalizar área de aproximadamente 45,50m², valor médio de R\$ 55,188 mil por unidade habitacional, além de obedecer aos critérios de acessibilidade (detalhes na Tabela 04).

TABELA 04: Especificações gerais das habitações.

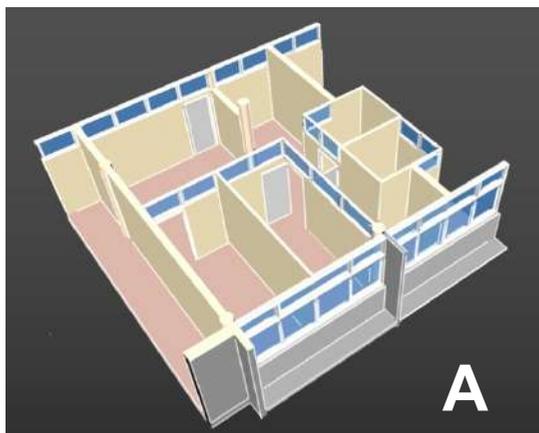
ESPECIFICAÇÕES MÍNIMAS DO PROGRAMA MINHA CASA, MINHA VIDA II	
DORMITÓRIO CASAL	1 cama (1,40mx1,90m); 1 criado-mudo (0,50mx0,50m); 1 guarda-roupa (1,60mx0,50m). Circulação de 0,50m.
DORMITÓRIO DUAS PESSOAS	2 camas (0,80mx1,90m); 1 criado-mudo (0,50mx0,50m); 1 guarda-roupa (1,50mx0,50m). Circulação de 0,80 m entre as camas e restante com 0,50 m.
COZINHA	Largura mínima da cozinha: 1,80m. Quantidade mínima de móveis: pia (1,20mx0,50m), fogão (0,55mx0,60m) e geladeira (0,70mx0,70m).
SALA DE ESTAR / REFEIÇÕES	Largura mínima sala de estar/refeições: 2,40m. Quantidade mínima de móveis: sofás com número de assentos igual ao número de leitos, mesa para 4 pessoas e Estante/Armário TV.
BANHEIRO	Largura mínima: 1,50m. Box - 90cmx95cm com previsão para instalação de barras de apoio e de banco articulado. Assegurar a área para transferência ao vaso sanitário e ao box.
ÁREA DE SERVIÇO	Quantidade mínima: 1 tanque (0,52mx0,53m) e 1 máquina (0,60mx0,65m).
TODOS	Espaço livre de obstáculos em frente às portas de no mínimo 1,20m. Deve ser possível inscrever em todos os cômodos o módulo de manobra sem deslocamento de 180° definido pela NBR 9050 (1,20mx1,50m) livre de obstáculos.
ÁREA ÚTIL	45,50 m ²

PÉ DIREITO	2,30m nos banheiros e 2,50m nos demais cômodos.
------------	---

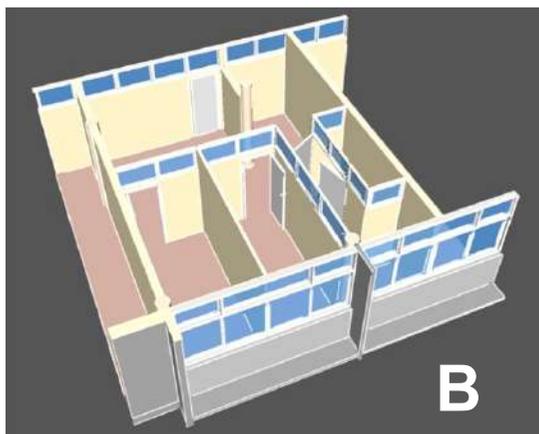
Fonte: SEMHAB

Até este momento a proposta gira em torno de estudos preliminares acerca da unidade habitacional, dos quais a SEMAHB nos cedeu, gentilmente, dois destes estudos para tornar possível a realização deste trabalho.

Nas propostas que nos foi cedidas, a unidade habitacional apresenta área total de 46,50m² o que corresponde a 1 módulo e meio segundo a modulação estrutural do edifício (Figura 33). Esse módulo será acomodado em todo pavimento tipo, respeitando as particularidades e limitações do edifício. Esses dois estudos (A e B), mostrados na Figura 34 e no Apêndice A, apresentam basicamente a mesma configuração, sendo diferenciadas apenas com relação à disposição do WC. Na proposta “A” os quartos estão conectados diretamente com as janelas da fachada, assim como o espaço destinado a área de serviço. Na área posterior aos quartos encontra-se a sala de estar, adjacente a ela, a cozinha, e entre a cozinha e a área de serviço está disposto o WC, que apresenta flexibilidade com relação a sua área útil. Trata-se de um mecanismo que torna viável a acessibilidade quando necessária. Da mesma forma apresenta-se a proposta “B”, sendo que o WC não dispõe de flexibilidade de área, estando disposto fixamente em dimensões acessíveis. Vale salientar que o material que nos foi disposto não apresenta estudos sobre as aberturas, esquadrias e etc, apenas a disposição da divisão dos ambientes e layout. Estas divisórias será em Drywall, placa de gesso ou placa argamassada armada.



A



B

Figura 34: Modelo 3D das propostas A e B.



Figura 33: Indicação do módulo da unidade habitacional.

A partir da proposta base da SEMHAB e reavendo algumas críticas feitas pela banca de qualificação deste trabalho a respeito da qualidade do arranjo interno da unidade habitacional, foram estudadas algumas alternativas, com o intuito de observar possíveis melhorias no desempenho ambiental.

Foram desenvolvidas três propostas (C, D e E) obedecendo aos mesmos critérios das propostas da SEMHAB (Figura 35 e Apêndice A). A proposta “C” mantém a mesma disposição das propostas A e B, sendo que o WC passa a ocupar a área adjacente a sala, que antes era a cozinha, com o intuito de desobstruir a passagem da luz natural e do vento, já que ele se apresentava como uma possível barreira. A proposta “D” se configura de forma um pouco diferente, os quartos são dispostos de maneira longitudinal, procurando liberar mais espaço na

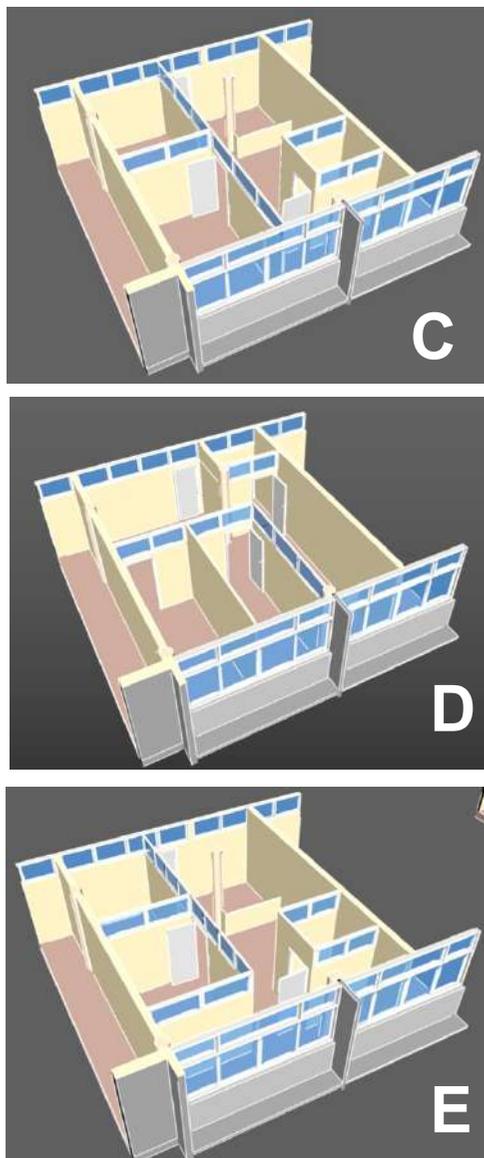


Figura 35: Modelo 3D das propostas C, D e E.

janela da fachada, buscando uma distribuição mais uniforme da luz e do vento nos demais ambientes. E a proposta “E” apresenta basicamente a mesma configuração e o mesmo intuito da proposta “D”, sendo que o quarto é desconectado da fachada, com o objetivo de amenizar a grande quantidade de luz natural que possivelmente chegará até ele.

Em todas as propostas, inclusive na “A” e “B”, foram adicionadas na parte superior das divisões dos ambientes esquadrias de vidro comum, do tipo basculante, com 0,6m de altura e modulação de aproximadamente 0,90m, possibilitando melhor distribuição da ventilação e da luz natural entre os ambientes. A indicação e o dimensionamento destas aberturas podem ser melhor observados no Apêndice A.

Visando ainda, melhor permeabilidade e distribuição da ventilação e iluminação natural nas unidades habitacionais e nas áreas de uso comum (corredor) do pavimento, propôs-se que, o corredor fosse prolongado de uma extremidade a outra do edifício e, que na extremidade oeste, houvesse a presença de elementos vazados (cobogó), tendo em vista o melhoramento no fluxo do vento e na contribuição da luz. Partindo deste princípio, o pavimento tipo foi reorganizado apresentando a configuração mostrada da Figura 36.



Figura 36: Pavimento tipo com a disposição das unidades habitacionais (UH), circulação e indicação das aberturas do corredor

Foram inseridas doze unidades habitacionais no pavimento tipo, com algumas variações de área e na disposição interna dos ambientes, tendo como condicionante, a proposta desenvolvida pela SEMHAB. Levando em consideração também que a escada deverá adequar-se as normas de segurança, a NBR 09077 – Saídas de Emergência em Edifícios, com isso, barrando a entrada da luz e da ventilação sudeste. Propôs-se então, que a unidade habitacional (UH) 03 fosse deslocada para a esquerda, liberando mais espaço na abertura da fachada. Isso pode ser melhor observado no Apêndice C. CONFUSO

4.2 Simulações computacionais

As simulações das propostas A, B, C, D e E e, ainda da área destinada a circulação do pavimento tipo, ocorreram em duas etapas, primeiramente a simulação da luz natural e, em seguida a ventilação natural, com os software Daysim e DesignBuilder, respectivamente. Os procedimentos de simulação estão descritos nos subitens que se seguem.

4.2.1 Iluminação natural

As simulações de iluminação natural foram realizadas com o *software Daysim*, que fornece dados para a avaliação da luz natural (*Daylight Autonomy - DA*). Para iniciar as simulações foi necessário preparar os modelos computacionais em um programa CAD. O programa *Daysim* aceita modelagem em diversos softwares, contanto que o arquivo seja exportado no formato 3ds. Neste trabalho optou-se pelo *SketchUp 7*, por ser um programa CAD tridimensional de fácil e rápido manuseio. No modelo, foi considerado também o entorno imediato ao edifício. Após inserir o modelo no *Daysim* os parâmetros da simulação devem ser configurados. Como o *Daysim* simula a iluminação através do *RADIANCE*, seu tutorial sugere alguns dados de entrada que devem ser inseridos de acordo com as características do modelo utilizado (ver Tabela 05 e Tabela 06).

TABELA 05: Dados de entrada para modelos sem proteção solar

Ambient bounces	ambient division	Ambient Sampling	Ambient accuracy	ambient resolution	direct threshold	direct sampling
5	1000	20	0.1	300	0	0

Fonte: Tutorial Daysin

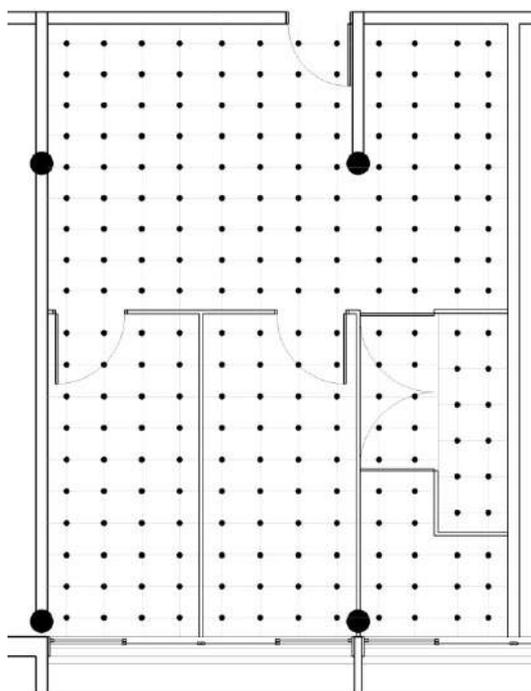


Figura 37: Distribuição dos pontos de sensores na proposta “A”.
Fonte: Construído pela autora

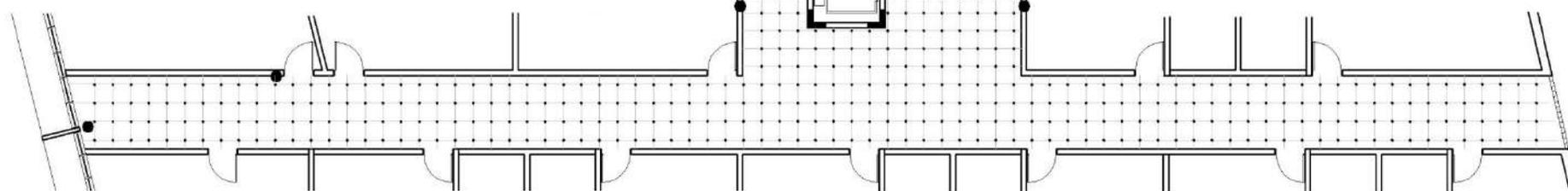


Figura 38: Distribuição dos pontos de sensores do pavimento tipo.
Fonte: Construído pela autora

TABELA 06: Dados de entrada para modelos com proteção solar

Ambient bounces	ambient division	Ambient Sampling	Ambient accuracy	ambient resolution	direct threshold	direct sampling
7	1500	100	0.1	300	0	0

Fonte: Tutorial Daysin

O programa trabalha com dados anuais através de arquivos climáticos completos no formato TRY (Test Reference Year), ou seja trabalha com os dados climáticos de um ano típico.. Sabendo que João Pessoa ainda não possui um arquivo climático no formato TRY, neste trabalho foi utilizado os dados climáticos da cidade de Recife-PE, localizada a 120Km de João Pessoa, com longitude oeste de 34°85" e latitude sul de 8°07". O horário estabelecido para a simulação foi das 6:00 horas da manhã às 17:00 horas da tarde.

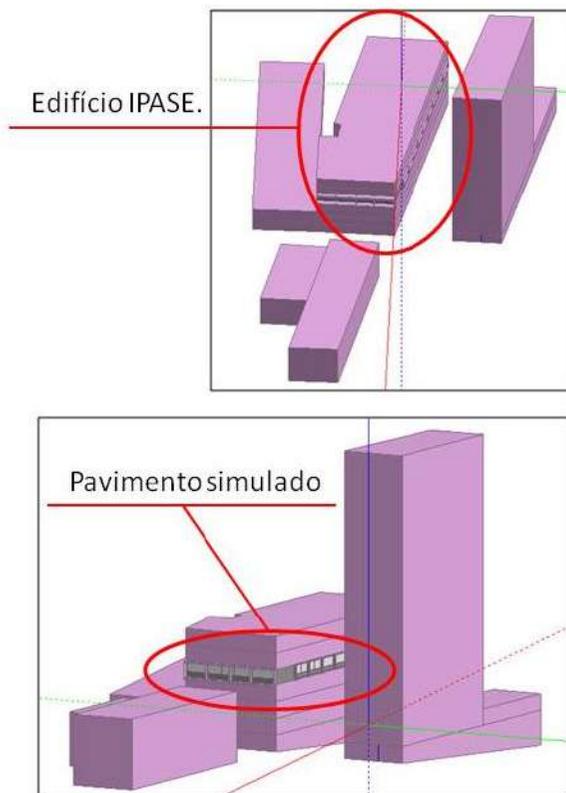


Figura 39: Modelagem do edifício do IPASE e entorno construído no DesignBuilder

O parâmetro de referência de iluminação adotado neste trabalho foi o que consta no Projeto de Norma NBR 02:136.01 – parte 1 (ABNT, 2004), onde estabelece níveis de iluminamento para iluminação natural, exposto no quadro 04. Os pontos de sensores para verificação dos níveis de iluminação foram distribuídos conforme as Figuras 37 e 38. A altura média do plano de trabalho considerada foi de 0,75m. Os coeficientes de reflexão do teto, das paredes e do piso, foram respectivamente, 0,75, 0,60 e 0,45.

4.2.2 Ventilação natural

Para a simulação da ventilação natural adotou-se o Software DesignBuilder 3.0 que foi escolhido devido à confiabilidade de seu algoritmo baseado no EnergyPlus e à sua versatilidade de modelagem devido à sua interface gráfica.

A primeira etapa da simulação foi a modelagem da geometria que ocorreu no próprio DesignBuilder. Da mesma forma que foi considerado o entorno imediato ao edifício na simulação da iluminação natural, também considerou-se nesta simulação (Figura 39). O arquivo climático (TRY) utilizado foi o de Recife. Prosseguiu-se com a definição dos materiais construtivos e rotinas das aberturas. As simulações foram realizadas para o período de um ano (8760 horas). Foram realizadas simulações para todas as propostas (A, B, C, D e E) além do corredor e da situação original do edifício.

Os dados de saída pertinentes a este trabalho foram os relacionados com *air changes per hour – ac/h* (trocas de ar por hora). O parâmetro de referência que foi considerado na análise dos resultados é o que consta na NBR 6401 e na Portaria 3523/98 do Ministério da Saúde, que considera as taxas de renovação do ar apenas para ambientes climatizados. Estes

parâmetro foi adotado por falta de uma normalização brasileira que trate de renovação do ar em ambientes naturalmente ventilados.

4.3 Eficiência energética da envoltória (RTQ-R)

Neste estudo, será adotada a metodologia do Regulamento Técnico da Qualidade para Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, que foi publicado sob Portaria Inmetro nº 449, de 25 de novembro de 2010, e tem como objetivo criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares. O Regulamento segue dois procedimentos metodológicos para avaliação da eficiência: o prescritivo e o de simulação computacional. Aqui será adotado o método prescritivo e avaliará apenas a unidade habitacional autônoma.

4.3.1 Método prescritivo

A classificação da envoltória é realizada através do cálculo do indicador de graus hora, obtido através de equação linear de acordo com a Zona Bioclimática em que o edifício está inserido. Nesta equação são inseridos parâmetros relativos às características físicas e às propriedades térmicas da envoltória.

Para se obter a classificação final da edificação é necessário realizar a avaliação da envoltória individualmente para cada um dos ambientes de permanência prolongada da unidade habitacional (UH), que neste caso analisado trata-se dos quartos 1 e 2 e da área de serviço; e ainda avaliar os pré-requisitos de cada ambiente.

- **Pré-requisitos**

Os pré-requisitos são referentes às características térmicas de absorvância, transmitância e capacidade térmica das superfícies e as características físicas relativas à iluminação e ventilação natural.

Para as características térmicas de absorvância, transmitância e capacidade térmica das superfícies o RTQ-R apresenta os limites que devem ser atendidos por coberturas e paredes externas, para cada Zona Bioclimática. Nela pode-se observar que não há limite para a absorvância. Este parâmetro serve para determinar os limites dos outros dois parâmetros (transmitância e capacidade térmica). A Tabela 07 mostra os limites para a Zona Bioclimática 8.

TABELA 07: Pré-requisitos de absorvância solar, transmitância térmica e capacidade térmica para as diferentes Zonas Bioclimáticas

	COMPONENTE	ABSORVÂNCIA SOLAR (Adimensional)	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA [W/(m ² K)]	CAPACIDADE TÉRMICA [kJ/(m ² K)]
ZB 8	PAREDES	$\alpha \leq 0,6$	$U \leq 3,70$	Sem exigência
		$\alpha > 0,6$	$U \leq 2,50$	Sem exigência
	COBERTA	$\alpha \leq 0,4$	$U \leq 2,30$	Sem exigência
		$\alpha > 0,4$	$U \leq 1,50$	Sem exigência

Fonte: RTQ-R

Quanto a ventilação natural as UHs devem atender aos seguintes pré-requisitos:

a) *Percentual de áreas mínimas de abertura para ventilação*

Foi avaliado, conforme tabela 08, nos ambientes de permanência prolongada e também na cozinha que é integrada com a sala e a área de serviço, considerando como área de piso a soma das áreas dos ambientes e área de abertura para ventilação a soma das áreas das aberturas para ventilação existentes nestes ambientes. Não há exigência de área mínima para

os banheiros, porém, para se obter nível “A” na envoltória eles devem possuir aberturas para ventilação.

TABELA 08: Percentual de áreas mínimas para ventilação em relação à área de piso

AMBIENTES	Percentual de abertura para ventilação em relação à área de piso (A)		
	ZB 1 a ZB6	ZB 7	ZB 8
Ambientes de permanência prolongada e cozinha	A ≥ 8	A ≥ 5	A ≥ 10

Fonte: RTQ-R.

b) Ventilação cruzada

O sistema de ventilação natural da edificação deve promover condições de escoamento de ar entre as aberturas localizadas em pelo menos duas diferentes fachadas (opostas ou adjacentes) e orientações da edificação, permitindo o fluxo de ar necessário para atender condições de conforto e higiene. As aberturas devem atender à proporção indicada na Equação 1 fornecida pelo RTQ-R. Caso não possua ventilação cruzada, a UH atingirá no máximo nível C no equivalente numérico da envoltória para resfriamento ($EqNumEnv_{Resfr}$). Esse pré-requisito foi analisado para a UH como um todo e não de cada ambiente individualmente.

$$\frac{A_2}{A_1} \geq 0,25 \quad \text{Eq. 01}$$

A₁: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas da orientação com maior área de abertura para ventilação (m²);

A₂: somatório das áreas efetivas de aberturas para ventilação localizadas nas fachadas das demais orientações (m²).

c) Ventilação controlável

Para este pré-requisito os fechamentos podem ser qualquer um que proporcione proteção à chuva e à segurança, como por exemplo vidro e/ou veneziana. Caso algum ambiente não possua controle da ventilação (um ambiente que possua uma abertura sem esquadria, por

exemplo), este ambiente atingirá no máximo nível B (EqNum = 4) na envoltória da UH. Este pré-requisito foi analisado para cada ambiente de permanência prolongada individualmente.

- **Cálculo prescritivo**

Neste método, o desempenho térmico da envoltória da UH é determinado pelo seu equivalente numérico (EqNumEnv), estabelecido através de equações para cada unidade habitacional, para a Zona Bioclimática 8.

Este método pode ser feito para envoltórias naturalmente ventiladas e também para condicionadas artificialmente. No caso em estudo trata-se de uma envoltória naturalmente ventilada. A avaliação foi realizada individualmente para cada um dos ambientes de permanência prolongada e, através de ponderação pela área útil avaliada se obteve a classificação final da unidade autônoma.

O procedimento para obtenção do nível de eficiência da envoltória da UH quando naturalmente ventilada seguiu as seguintes etapas:

- a) Calculo do indicador de graus-hora para resfriamento – foi obtido para cada ambiente através da equação 02 definida para a Zona Bioclimática 8, segundo o regulamento.

$$\begin{aligned}
 C_R = & [(a) + (b \times AU_{amb}) + (c \times CT_{baixa}) + (d \times \alpha_{par}) + (e \times PD/AU_{amb}) \\
 & + (f \times somb) + (g \times CT_{cob}) + (h \times Ab_s) + (i \times SomA_{parExt} \times CT_{par}) \\
 & + (j \times cob) + (k \times U_{cob} \times \alpha_{cob} \times cob \times AU_{amb}) + (l \times pil) + (m \times solo) \\
 & + (n \times cob \times AU_{amb}) + [o \times (U_{cob} \times \alpha_{cob}/CT_{cob}) \times AU_{amb}] + (p \times P_{ambO}) \\
 & + (q \times AAb_L \times (1-somb)) + (r \times U_{cob}) + (s \times PD) + (t \times AAb_s \times somb) \\
 & + (u \times AAb_N)]/1000
 \end{aligned}
 \tag{Eq. 02}$$

Onde as constantes são fornecidas pelo RTQ-R e as variáveis são as características físicas dos ambientes e as propriedades dos materiais definidas por meio de levantamento.

- b) Determinação dos equivalentes numéricos da envoltória dos ambientes para resfriamento – através das faixas estabelecidas na Tabela 09, para a zona bioclimática 8.

TABELA 09: Equivalente numérico da envoltória do ambiente – Zona Bioclimática 8.

Eficiência	EqNumEnvAmb	Condição
A	5	$GH_R \leq 5.209$
B	4	$5.209 < GH_R \leq 8.365$
C	3	$8.365 < GH_R \leq 11.520$
D	2	$11.520 < GH_R \leq 14.676$
E	1	$GH_R > 14.676$

Fonte: RTQ-R

- c) Determinação do equivalente numérico da envoltória da UH – para a zona bioclimática 8, o (EqNumEnv) é obtido por meio da Equação 3.

$$EqNumEnv = EqNumEnv_{Resfr} \quad \text{Eq. 03}$$

EqNumEnv: equivalente numérico da envoltória da UH;

EqNumEnvResfr: equivalente numérico da envoltória da UH para resfriamento;

• **Bonificações**

As bonificações podem contribuir em até um ponto na classificação final da unidade habitacional. Para tanto estas bonificações estão relacionadas com Iniciativas que aumentem a eficiência da edificação. São elas:

- b1: bonificação referente à ventilação natural, cuja pontuação varia de zero a 0,40 pontos;
- b2: bonificação referente à iluminação natural, cuja pontuação varia de zero a 0,30 pontos;

- b3: bonificação referente ao uso racional de água, cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;
- b4: bonificação referente ao condicionamento artificial de ar, cuja pontuação varia de zero a 0,20 pontos;
- b5: bonificação referente à iluminação artificial, cuja pontuação varia de zero a 0,10 pontos;
- b6: bonificação referente a ventiladores de teto instalados na UH, cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos;
- b7: bonificação referente a refrigeradores instalados na UH, cuja pontuação obtida é zero ou 0,10 pontos; e

Todas as bonificações são independentes entre si e podem ser parcialmente alcançadas. A bonificação total alcançada é a somatória das bonificações obtidas em cada item.

- **Classificação final**

A classificação do nível de eficiência das unidades habitacionais foi o resultado da distribuição dos pesos através da Equação 4, utilizando o coeficiente da Tabela 10 para a região do nordeste.

$$PT_{UH} = (a \times EqNumEnv) + [(1 - a) \times EqNumAA] + Bonificações \quad \text{Eq. 04}$$

TABELA 10: Coeficientes da Equação 04

Coeficiente	Região Geográfica				
	Norte	Nordeste	Centro-Oeste	Sudeste	Sul
a	0,95	0,90	0,65	0,65	0,65

Fonte: RTQ-R

TABELA 11: Classificação do nível de eficiência de acordo com a pontuação obtida.

Pontuação (PT)	Nível de Eficiência
$PT \geq 4,5$	A
$3,5 \leq PT < 4,5$	B
$2,5 \leq PT < 3,5$	C
$1,5 \leq PT < 2,5$	D
$PT < 1,5$	E

Fonte: RTQ-R

TABELA 12: Equivalente Numérico (EqNum) para cada nível de eficiência.

Nível de Eficiência	EqNum
A	5
B	4
C	3
D	2
E	1

Fonte: RTQ-R

PT_{UH}: pontuação total do nível de eficiência da unidade habitacional autônoma;

a: coeficiente da Tabela 03 adotado de acordo com a região geográfica (mapa político do Brasil) na qual a edificação está localizada;

EqNumEnv: equivalente numérico do desempenho térmico da envoltória da unidade habitacional autônoma quando ventilada naturalmente, após a verificação dos pré-requisitos da envoltória;

EqNumAA: equivalente numérico do sistema de aquecimento de água. No caso estudado, adotou-se (EqNumAA = 2), valor estabelecido pelo RTQ-R, pois se trata de uma edificação que não possui sistema de aquecimento de água e localiza-se na região nordeste;

Bonificações: pontuação atribuída a iniciativas que aumentem a eficiência da edificação;

O número de pontos obtidos na Equação 04 irá definir a classificação final da UH, de acordo com a Tabela 11 e 12.

A classificação do nível de eficiência da edificação multifamiliar como um todo é o resultado da ponderação da classificação de todas as unidades habitacionais autônomas pela área útil das UHs, excluindo terraços e varandas. O número de pontos obtidos com a ponderação irá definir a classificação final da edificação multifamiliar, de acordo com as Tabelas 06 e 07.



Análise e Discussão dos Resultados

Neste capítulo serão apresentados os resultados e análises obtidos a partir da aplicação da metodologia proposta no capítulo anterior. Inicialmente será analisado o comportamento da iluminação natural, tendo como parâmetro a Autonomia da luz natural (*Daylight Autonomy* - DA), obtido através de simulações com o *software Daysim*. Em seguida, apresenta-se resultado e análise da simulação da ventilação natural, alcançado através de simulações com o *software DesignBuilder*, nesta análise o parâmetro considerado foi a taxa de renovação do ar. Finalmente, será apresentado o resultado referente à aplicação da metodologia prescritiva do RTQ-R, visando a avaliação da eficiência energética da envoltória do pavimento tipo da edificação em estudo.

As simulações da iluminação e ventilação natural foram realizadas tendo como modelo de simulação as propostas de unidade habitacional denominadas: A, B, C, D e E, além destas, também foi considerado um modelo base, que representa a edificação conforme o uso original – salas de escritórios. Todos os modelos estão orientados para o nordeste.

Já a aplicação do RTQ-R, só ocorreu para a proposta “C” da unidade habitacional, considerando a probabilidade de que todas as propostas obteriam o mesmo nível de classificação, posto que, os materiais das vedações e aberturas, a disposição no pavimento, a geometria dos ambientes das propostas resguardam grande semelhança.

5.1 Comportamento da luz natural

5.1.1 Situação proposta

A análise do comportamento da luz natural, realizada através do parâmetro Autonomia da Luz Natural (*Daylight Autonomy* - DA), indica o percentual das horas ocupadas (horas em que o ambiente está sendo utilizado), no ano, em que um determinado nível de iluminância é

mantido apenas com o aproveitamento da luz natural. Para as habitações foi adotado como limite a iluminância de 90 lux, para a circulação (área de uso comum do pavimento) a iluminância limite adotada foi de 30 lux. A escolha dos níveis de iluminância foi com base nas recomendações do Projeto de Norma NBR 02:136.01 (ABNT, 2004). O horário considerado, para as simulação do aproveitamento da luz natural, foi das 6:00 às 17:00h. As portas internas foram consideradas abertas. Para melhor ilustrar, os resultados são apresentados em curvas isolinhas, onde cada valor de ALN é representado por uma cor. Os resultados para cada proposta encontram-se ilustrados a seguir.

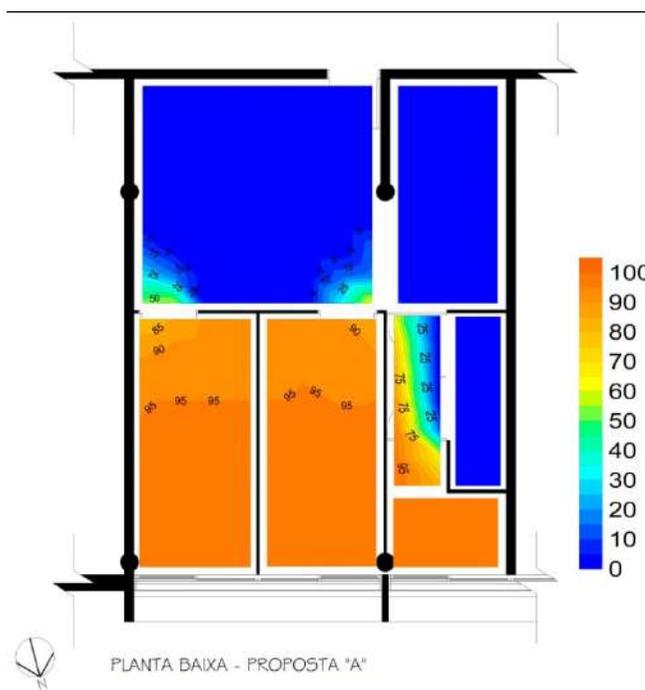


Figura 40: Curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a proposta "A".



Figura 41: Curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a proposta "B".

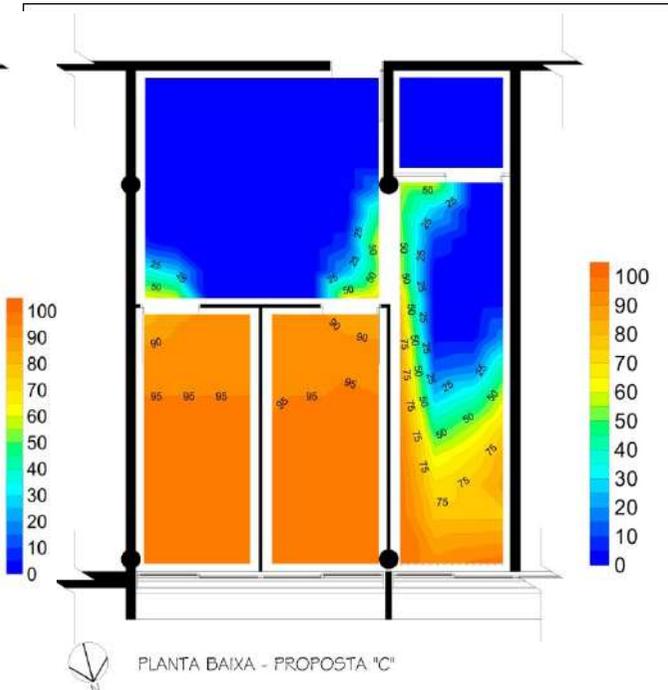


Figura 42: Curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a proposta "C".

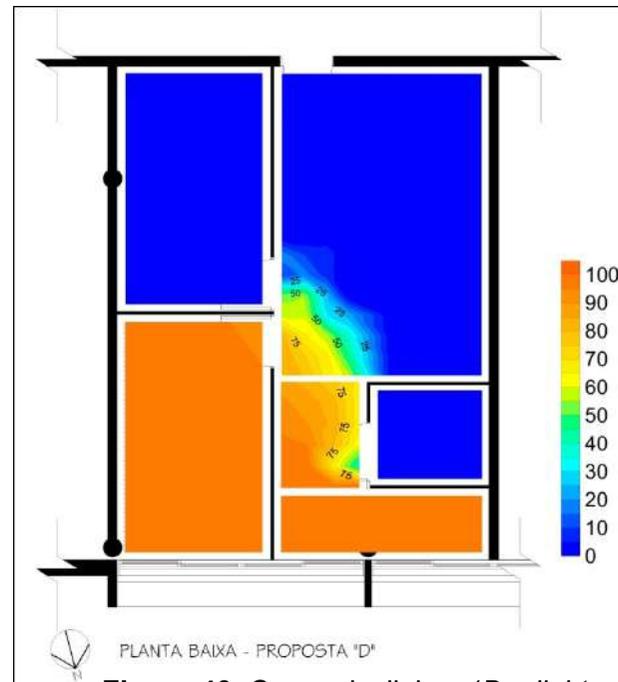


Figura 43: Curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a proposta "D".



Figura 44: Curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a proposta "E".

Nos casos "A" e "B" percebe-se que somente nos quartos I e II e na área de serviço o nível de iluminância mínimo é mantido na maior parte do tempo. Nas demais áreas, a iluminância adequada não é atingida em nenhum momento. Na proposta "D" os níveis de iluminância adequados são mantidos apenas no quarto I e na área de serviço, nos demais ambientes a iluminância de 90 lux não é verificada em nenhum momento. A proposta "E" se mostra como a pior alternativa em relação a iluminação natural, pois os níveis adequados são mantidos apenas na área de serviço. Ao contrário das demais, a proposta "C" parece ser a melhor alternativa quanto ao desempenho da iluminação natural, visto que a luz consegue

atingir níveis satisfatórios nos quartos I e II, na área de serviço, em parte da cozinha e, ainda consegue chegar um pouco na sala.

Diante destes resultados, considera-se que as aberturas com altura de 60cm, postas na parte superior das paredes internas (acima da porta), não são suficientes para ampliar o alcance da luz natural nos ambientes.

Na circulação do pavimento tipo, considerando a sua configuração proposta, verifica-se que a área do hall e a parte central do corredor necessitariam do uso da iluminação artificial, visto que nestas áreas os níveis de iluminância apresentam-se abaixo de 30 lux em todo tempo (das 6:00 às 17:00 h). A porta que dá acesso à escada foi considerada fechada na simulação. O uso da iluminação artificial seria dispensado nas extremidades do corredor e na área entre o hall e a unidade habitacional 03 (Figura 45).

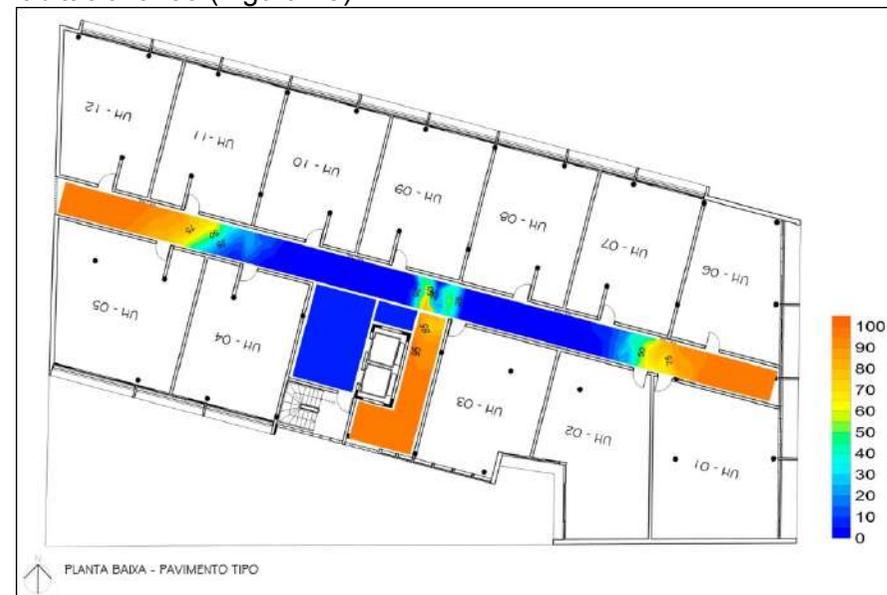


Figura 45: curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a circulação do pavimento tipo proposto.

5.1.2 Situação original

As simulações foram realizadas também considerando a situação original do pavimento tipo. A sala simulada corresponde à orientação nordeste, a mesma posição da unidade habitacional simulada. O nível mínimo de iluminância considerado na sala foi o de 500 lux, e o horário de ocupação estabelecido foi das 08:00 às 17:00 h. Na figura 45, que representa as isolinhas do comportamento do *Daylight Autonomy* (DA), pode-se observar que os valores de 500 lux são encontrados em toda sala, praticamente em todo o período de ocupação, variando entre 97 e 85 do tempo. Para o uso original do edifício, os níveis de iluminância são satisfatórios.

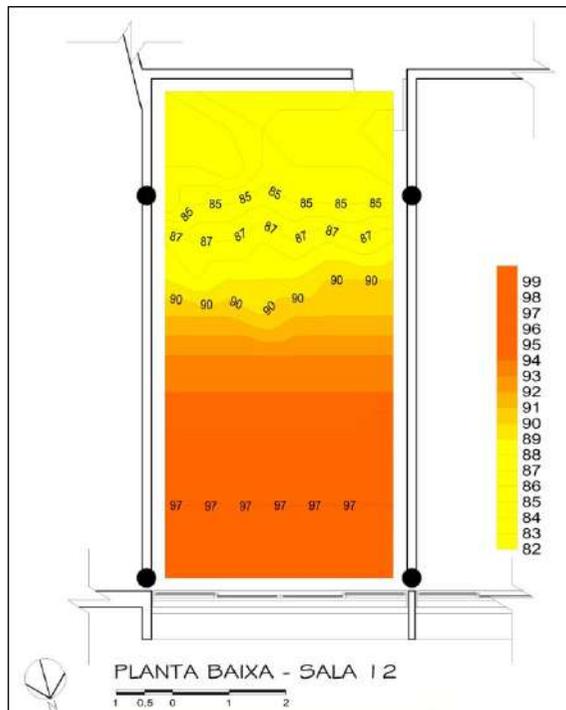


Figura 46: curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a sala da situação original.



Figura 47: curvas isolinhas (*Daylight Autonomy*) para a circulação da situação original do pavimento tipo.

Na simulação da circulação original (corredor), observa-se que os níveis de iluminância superior a 30 lux mostram-se concentrados na parte do hall, estendendo-se até a área central do corredor (Figura XX). Este fato deve-se a presença de elementos vazados e de um vão totalmente aberto com cerca de 3,4 m² na fachada sul.

Contudo, de forma geral, as propostas “A”, “B”, “C”, “D” e “E”, não apresentaram níveis adequados de iluminâncias para o uso habitacional. Já as simulações considerando o traçado e uso original da edificação, mostraram que as iluminâncias encontradas são adequadas.

5.2 Comportamento da ventilação natural

5.2.1 Situação proposta

A análise do comportamento da ventilação natural foi realizada através da quantidade de renovações de ar por hora em cada ambiente (m³/hora). O parâmetro de referência utilizado é o que consta na portaria 3523/98 do Ministério da Saúde, onde estabelece que a quantidade adequada de renovações do ar em ambientes climatizados é de 27m³/hora/pessoa. O número de pessoas considerado nas habitações foi quatro, duas em cada dormitório.

Os resultados das simulações de todas as propostas de unidade habitacional, de forma geral, apresentam grande semelhança no comportamento da renovação do ar ao longo do ano, isso se deve ao fato de que a orientação nordeste é a mesma para todos os modelos simulados. Os resultados de alguns ambientes como os WC's de todas as propostas, o quarto 2 da proposta “D” e os quartos 1 e 2 da proposta “E”, não foram apresentados, pois se tratam de ambientes que não estão conectados diretamente com a fachada do edifício. Apesar de apresentarem aberturas internamente e estas, em alguns casos, estão próximas de abertura externa, o software DesignBuilder não interpreta como sendo uma situação de ventilação

natural, como consequência, para essas situações o programa não realizou os cálculos necessários para a obtenção de previsão da renovação do ar.

Os resultados podem ser visualizados nos gráficos 05 a 19. Os gráficos apresentados foram construídos a partir de uma média mensal da troca de ar, por hora, nos ambientes analisados.

Proposta A



GRÁFICO 05: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para o quarto 1 da proposta A.



GRÁFICO 06: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para o quarto 2 da proposta A.



GRÁFICO 07: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para sala/cozinha/área de serviço da proposta A.

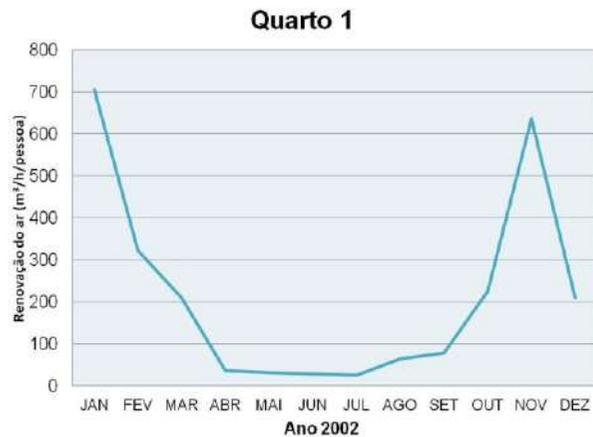


GRÁFICO 08: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para o quarto 1 da proposta B.

Proposta B

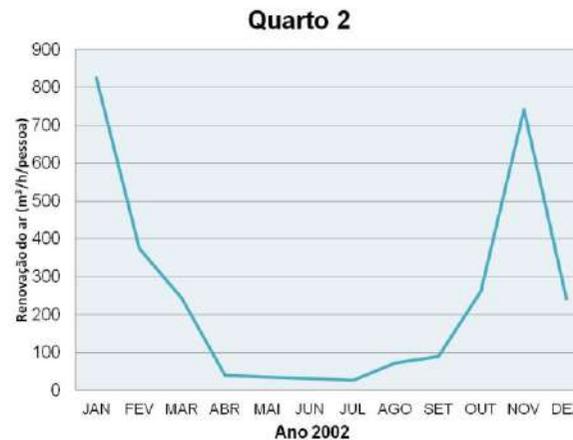


GRÁFICO 09: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para o quarto 2 da proposta B.



GRÁFICO 10: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta B.

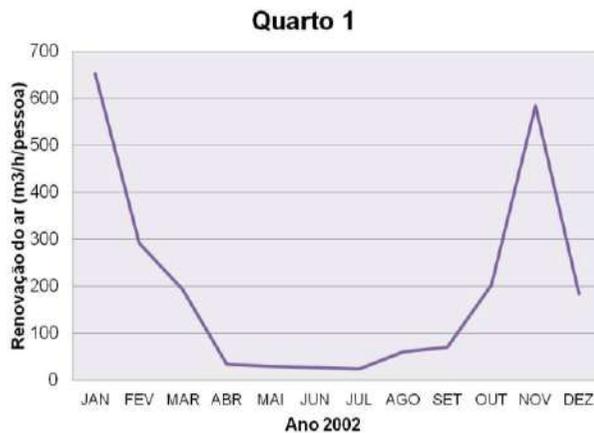


GRÁFICO 11: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para o quarto 1 da proposta C.

Proposta C

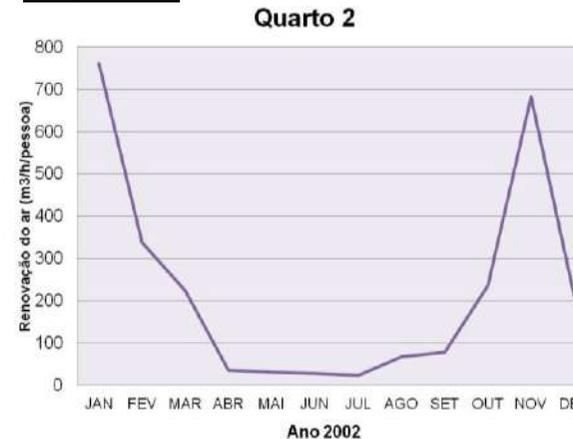


GRÁFICO 12: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para o quarto 2 da proposta C.



GRÁFICO 13: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta C.

Proposta D



GRÁFICO 14: Renovação do ar (m3/h/pessoa) para o quarto da proposta D.



GRÁFICO 15: Renovação do ar (m3/h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta D.

Proposta E



GRÁFICO 16: Renovação do ar (m3/h/pessoa) para a sala/cozinha/área de serviço da proposta E.

O quarto 1, nas propostas “A”, “B” e “C”, apresentam, basicamente o mesmo desempenho. A quantidade de renovações do ar por hora para cada pessoa chega a atingir pouco mais de 700 m³/h/pessoa no mês de janeiro, quando a ventilação nordeste é predominante. A quantidade de renovação do ar mínima observada ocorre no mês de julho, quando esse valor cai para 25 m³/h/pessoa. Sendo assim, o quarto 1 apresenta desempenho satisfatório praticamente no decorrer de todo o ano. Já o quarto 1 da proposta “D” chega a 900m³/h/pessoa em janeiro, e em julho esse valor cai para 27 m³/h/pessoa, contido, apresentando desempenho satisfatório em todos os meses.

O quarto 2 da proposta “A”, “B” e “C”, também apresentam desempenho semelhante. Em janeiro a quantidade de renovações gira em torno de 800 m³/h/pessoa. Em julho este valor cai para 26 m³/h/pessoa. Assim como o quarto 1, o desempenho do quarto 2 é satisfatório em praticamente todo o ano.

O desempenho do ambiente sala/cozinha/área de serviço nas propostas “A”, “B” e “C”, é basicamente o mesmo. O ponto máximo da renovação do ar é atingido também em janeiro com cerca de 400m³/h/pessoa. Entre maio e julho esse valor cai passando a 25 m³/h/pessoa, 21 m³/h/pessoa e atingindo 17 m³/h/pessoa no mês de julho. Nas propostas “D” e “E” a renovação do ar neste ambiente se apresenta acima do mínimo em todo o ano, chegando a quase 1200 m³/h/pessoa em janeiro e em julho atinge 29 m³/h/pessoa.

Para verificar se a circulação do pavimento tipo proposto atende a quantidade mínima de renovação do ar por pessoa foi estabelecido um número de 18 pessoas circulando no mesmo momento. Esse valor é baseado na capacidade dos elevadores, sendo nove pessoas para cada elevador. Sendo assim, a circulação do pavimento tipo apresenta desempenho satisfatório, pois os valores da renovação do ar encontram-se entre pouco mais de 100 a 250 (m³/h/pessoa). no decorrer do ano (Gráfico 17).

Circulação do pavimento tipo proposto



GRÁFICO 17: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para a circulação do pavimento tipo proposto

5.2.2 Situação original

Para a análise da circulação do pavimento da situação original também foi estabelecido o número de 18 pessoas, com isso a circulação também apresenta desempenho satisfatório, pois observa-se que os valores da renovação do ar encontram-se entre pouco menos de $100\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ e pouco mais de $800\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$ no decorrer do ano (Gráfico 18).

Na sala da situação original do pavimento foi estabelecido um número médio de quatro pessoas ocupantes, sendo assim, observando o gráfico 19, percebe-se que a renovação do ar atinge valores abaixo do mínimo nos meses de junho e julho, sendo 25 e $18\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$, respectivamente. Em janeiro chega a $600\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$.

Com os resultados pode-se concluir que o programa leva em consideração o vento dominante e a área de abertura, não sendo muito sensível à variações internas. Como a orientação e a área de abertura é muito similar, nos modelos simulados, os resultados são muito parecidos.

Circulação do pavimento tipo original

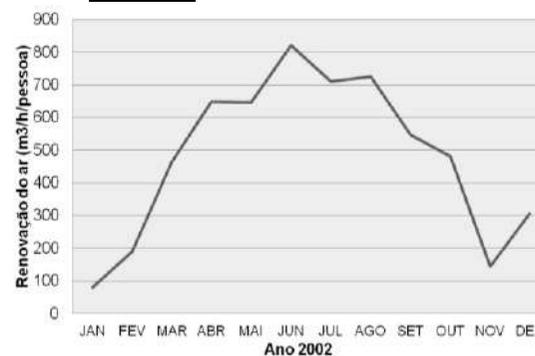


GRÁFICO 18: Renovação do ar ($\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$) para a circulação do pavimento tipo original.

Sala do pavimento original



GRÁFICO 19: Renovação do ar ($\text{m}^3/\text{h}/\text{pessoa}$) para a situação original do pavimento.

5.3 Eficiência energética da envoltória

Os resultados obtidos a partir do levantamento de dados e da aplicação da metodologia do RTQ-R, indicam neste item os níveis de classificação parcial e final da proposta para o pavimento tipo intermediário do Edifício do IPASE considerando a configuração “C” de unidade habitacional.

A classificação do nível de eficiência do pavimento tipo analisado foi realizada a partir da ponderação dos resultados da avaliação dos requisitos de todas as unidades habitacionais autônomas, como também das áreas de uso comum da edificação.

A seguir serão mostrados os itens que tratam dos pré-requisitos, dos cálculos prescritivos e das bonificações abordados na proposta de unidade habitacional “C”.

5.3.1 Unidade habitacional

a) Pré-requisitos

- Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância solar das superfícies

Segundo o Catálogo de propriedades térmicas fornecido pelo LABEEE, os valores limite para as paredes são mostrados na tabela 13 seguinte. Os valores para a cobertura não foram considerados já que a análise se concentrou em um pavimento intermediário.

TABELA 13: Transmitância térmica, capacidade térmica e absorvância dos componentes.

	Absorvância solar (adimensional)	Transmitância térmica [W/(m ² K)]	Capacidade térmica [kJ/(m ² K)]
PAREDES	0,8	1,85	161

De acordo com os limites de transmitância, absorvância e capacidade térmica estabelecidos pelo Regulamento para a Zona Bioclimática 8, a envoltória atende a esse pré-requisito, implicando em nível “A”.

- Ventilação natural

Para o comprimento deste pré-requisito, segundo o regulamento, é necessário que o percentual de abertura para ventilação nos ambientes de permanência prolongada e cozinha seja no mínimo 10% da área do piso para a Zona Bioclimática 8, sendo assim, de acordo com a tabela 14, apenas os quartos I e II da UH atendem a este pré-requisito, implicando em nível “A” para os quartos e nível “E” para a cozinha e sala nos equivalentes numéricos da envoltória do ambiente (EqNumEnvAmb).

TABELA 14: Definição das áreas de ventilação.

	Área efetiva de abertura para ventilação (m ²)	Área de piso do ambiente (m ²)	Percentual de abertura para ventilação (%)
QUARTO 1	1,13	8,30	13,61
QUARTO 2	1,13	8,30	13,61
COZINHA	1,13	11,64	9,54
SALA	0	14,99	0

Quanto à ventilação cruzada, as unidades habitacionais não atendem a este item, pois elas só possuem uma fachada na qual se concentram todas as aberturas. Com isso, a UH atingirá no máximo nível “C” no equivalente numérico da envoltória para resfriamento (EqNumEnvResfr).

A ventilação controlada é atendida em todos os ambientes de permanência prolongada, pois possuem janelas de correr. Com o atendimento a este item pode-se obter nível “A” no equivalente numérico da envoltória da UH (EqNumEnv).

- Iluminação natural

O pré-requisito de iluminação natural foi avaliado em todos os ambientes, observando-se que todos, exceto a sala e o WC que não possuem abertura para o exterior, atingiram mais de 12,5% de abertura em relação a área do piso. Com isso, a envoltória da UH só poderá atingir nível máximo “B”.

TABELA 15: Definição das áreas de iluminação natural nos ambientes de permanência prolongada.

	Área de piso do ambiente (m ²)	Área de iluminação (m ²)	Relação entre área de piso e área de iluminação (%)
QUARTO 1	8,30	3,40	41,00
QUARTO 2	8,30	3,40	41,00
SALA	14,99	0	0

De modo geral, levando em consideração os pré-requisitos da envoltória, temos as classificações máximas possíveis para a unidade habitacional mostradas na figura xx.



Figura 48: Diagrama das classificações máximas possíveis segundo os pré-requisitos.

b) Cálculos prescritivos

Para a determinação da eficiência da envoltória através do método prescritivo foi utilizado seu *equivalente numérico (EqNumEnv)* para eficiência quando naturalmente ventilada para a Zona Bioclimática 8.

Foram determinados os indicadores de graus-hora para resfriamento e a classificação do nível de eficiência de cada ambiente, calculados a partir de uma planilha eletrônica criada no Excel com base em uma macro, onde faz-se necessário o preenchimento de uma série de dados como área de piso, área de fachada e das aberturas para cada orientação, transmitâncias térmicas, entre outros parâmetros. Esta planilha encontra-se disponível no site do LabEEE www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem/residencial/downloads, (ver anexo 2). O nível de classificação da eficiência obtido de cada ambiente de permanência prolongada (quartos e sala) foi “B” em todas as unidade habitacionais do pavimento. Porém, o pré-requisito de abertura mínima na sala não foi atendido, passando para o nível “E” de classificação. Sendo assim, a classificação dos ambientes na unidade habitacional apresenta-se conforme a figura XX.

Em seguida, através de ponderação das áreas dos ambientes, obteve-se de acordo com a tabela 11, o equivalente numérico da envoltória e o nível de eficiência de cada unidade habitacional do pavimento. Todas as unidade habitacionais obtiveram classificação “B”, porém como os pré-requisitos referentes a ventilação cruzada não foi atendido, o nível de classificação das unidades habitacionais passa a ser “C”, conforme figura XX.

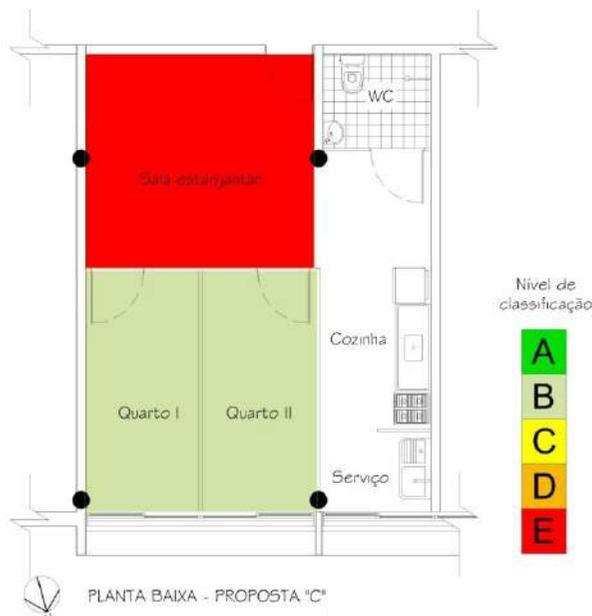


Figura 49: Renovação do ar (m³/h/pessoa) para a circulação do pavimento tipo original.



Figura 50: Classificação das unidades habitacionais quanto a eficiência energética.

c) Bonificações

Para pontuação nas bonificações, serão verificados os itens de ventilação natural, iluminação natural, iluminação artificial, uso racional da água, condicionamento artificial do ar, ventiladores de teto e medição individualizada.

- Ventilação natural

Para obter-se essa pontuação, a unidade habitacional deve possuir *porosidade mínima de 20% em pelo menos duas fachadas com orientações distintas, expressa pela relação entre a área efetiva de abertura para ventilação e a área da fachada. Considerando isso, as habitações*

não atende a este pré-requisito, pois possuem apenas uma de suas fachadas com abertura para ventilação.

- Iluminação natural

O RTQ-R dispõe de dois métodos para a avaliação da iluminação natural, o prescritivo e o de simulação. Aqui optamos pelo método prescritivo.

Para obter essa pontuação os ambientes devem obedecer a uma relação entre profundidade do ambiente e a *distância medida entre o piso e a altura máxima da abertura para iluminação, excluindo caixilhos*. Os quartos 1 e 2 atendem a este requisito, Cada ambiente ganha 0,20 pontos.

O item de refletância mínima do teto de 60% em ambientes de permanência prolongada é atendido em todos os ambientes. Sendo assim resulta em 0,10 pontos para cada ambiente.

- Iluminação artificial

Sabendo que se trata de uma proposta de projeto e que ainda não se sabe que tipo de sistema de iluminação artificial será utilizado, determinou-se por bem considerar, a nível de conhecimento, um sistema que possua nível de eficiência satisfatório, que atenda as exigências de iluminância de acordo com a NBR – 5413 e que possua Selo Procel. Sendo assim, as características do sistema são descritas na tabela 16. Com isso, os ambientes atendem ao item de iluminação artificial, pontuando 0,10 pontos.

TABELA 16: Características do sistema de iluminação artificial empregado.

	Quant	Tipo de lâmpada escolhida	Potência	Eficiência luminosa
Quarto 1	1	Fluorescente compacta integrada	27	65
Quarto 2	1	Fluorescente compacta integrada	27	65
Sala /cozinha	3	Fluorescente compacta integrada	27	65
WC	1	Fluorescente compacta integrada	27	65

- Uso racional de água

As UHs não possuem combinação de sistemas de uso de água da chuva e nem equipamentos economizadores.

- Condicionamento artificial de ar

Nenhum ambiente que compõe as habitações é condicionado artificialmente.

- Ventiladores de teto e refrigeradores

Não é possível pontuar pois as unidades ainda não estão habitadas.

- Medição individualizada

As unidades habitacionais não possuem medição sistema de aquecimento de água, por isso não pontua neste item.

De forma geral, a pontuação das bonificações se apresenta conforme tabela 17.

TABELA 17: Pontuação obtida com as bonificações.

REQUISITO	PONTUAÇÃO
<i>Ventilação natural</i>	0,0
<i>Iluminação natural</i>	0,3
<i>Iluminação artificial</i>	0,1
<i>Uso racional de água</i>	0,0
<i>Condicionamento artificial de ar</i>	0,0
<i>Medição individualizada</i>	0,0
TOTAL	0,4

d) Classificação final

A classificação final das unidades habitacionais é feita através da entrada de dados especificados abaixo na Equação 04 fornecida pelo RTQ-R.

$a = 0,9$ (estabelecido pelo RTQ-R para a região nordeste)

$E_{qNumEnv} = 3$

$E_{qNumAA} = 2$ (valor estabelecido pelo RTQ-R quando a edificação não possui sistema de aquecimento de água e se localiza na região nordeste)

$Bonificações = 0,4$

Sendo assim, a pontuação total obtida por cada unidade habitacional (PT_{UH}) = 3,2, classificando-se em nível “C” de eficiência.

A classificação final do pavimento tipo da edificação é realizada mediante a ponderação da pontuação de suas unidades habitacionais pela sua área útil. Sabendo que o pavimento tipo analisado possui 12 unidades habitacionais e que todas elas obtiveram a mesma pontuação final, a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) obtida foi a de nível C (ver figura 51).

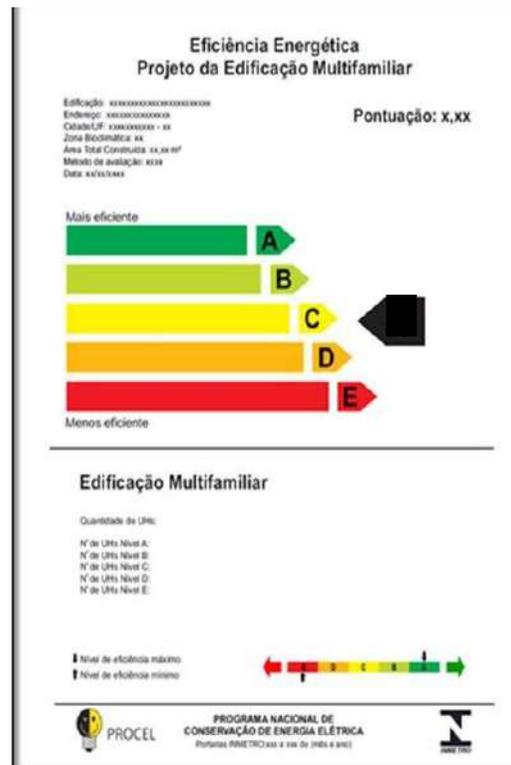


Figura 51: Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para as unidades habitacionais do pavimento tipo.



Conclusão

.....

A realização deste trabalho tratou de configurar uma estratégia metodológica de análise das condições de conforto ambiental, relativas à iluminação, à ventilação natural e à eficiência energética, conforme o RTQ-R, tendo como objeto de estudo uma das alternativas de unidade habitacional estudadas pela SEMHAB dentro do projeto de reciclagem do edifício IPASE-PB para fins de HIS. O método adotado para a análise destas variáveis foi o de simulação computacional para a iluminação e ventilação natural e a metodologia prescritiva do Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ-R).

A partir dos resultados obtidos com as simulações da iluminação natural, pôde-se observar que o desempenho não se apresenta satisfatório para a proposta de módulo habitacional da SEMHAB, tampouco para as alternativas propostas a partir do mesmo. Em todos os casos, a iluminação adequada se concentra nos ambientes diretamente ligados à fachada, os demais ambientes, posteriores a estes, apresentam níveis de iluminância insuficientes para o uso habitacional, mesmo com a inserção de janelas no perímetro das paredes internas que dividem os ambientes. Com o resultado dos níveis de iluminação na circulação do pavimento tipo proposto, pode-se observar que este ambiente necessitaria de iluminação artificial complementar no hall e na parte central do corredor, ainda que a proposta contemple a inserção de elementos vazados na extremidade oeste do corredor, que apresentou significativa contribuição para o melhoramento da iluminação.

Os níveis de iluminância encontrados na simulação da sala, correspondente à situação original do pavimento tipo, atendem as exigências mínimas para a realização das atividades visuais desenvolvidas. Com os resultados da circulação (hall e corredor), da situação original do pavimento tipo, foi possível observar que o Hall e a área central da circulação apresentam níveis

de iluminação satisfatórios necessitando, contudo, de iluminação artificial complementar nas extremidades.

Os resultados das simulações da ventilação natural mostram que, de forma geral, os ambientes analisados das propostas A, B, C, D e E de módulo habitacional apresentaram taxas de renovação do ar adequados em praticamente todo o ano, sendo mais acentuadas no verão devido a orientação nordeste. Da mesma forma acontece com a circulação do pavimento da situação proposta, as taxas de renovação do ar estão acima do mínimo durante o ano inteiro. Considerando a situação original do pavimento, em geral, tanto a sala quanto a circulação também apresentaram desempenho aceitável em praticamente o ano inteiro.

Sobre a simulação da ventilação natural, pode-se concluir que o programa leva em consideração principalmente o vento dominante e a área de abertura, não sendo muito sensível à variações internas. Como a orientação e a área de abertura é muito similar nos modelos simulados, os resultados são muito parecidos. Outra questão observada foi o fato do programa não considerar os ambientes que não se conectam diretamente com a fachada, como é o caso do WC. Hipóteses foram levantadas sobre essa limitação do programa, consequentemente simulações foram realizadas para testar essas hipóteses, contudo, não chegou-se à confirmação de nenhuma delas.

Com relação a aplicação do método prescritivo do RTQ-R, as unidades habitacionais apresentaram nível de classificação “C”, por não atenderem ao pré-requisito de ventilação cruzada. Caso este item fosse atendido, as unidades passariam a classificação “B”. A classificação “A” só seria atingida se as habitações atendessem aos pré-requisitos de área mínima para ventilação em todos os ambientes de permanência prolongada e WC com ventilação natural.

Sobre a estratégia metodológica de análise das condições de conforto ambiental, relativas à iluminação, à ventilação natural e à eficiência energética, desenvolvida neste trabalho, pode-se concluir que a mesma mostrou-se adequada, podendo ser utilizada complementarmente ao desenvolvimento de alternativas para a reciclagem do edifício IPASE-PB, seja para fins de HIS ou outro uso.



Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: Definições, símbolos e unidades.** NBR – 15220. Rio de Janeiro, 2005. 7 p.

_____. **Instalações centrais de ar condicionado para conforto – parâmetros básicos de projeto.** NBR – 6401. Rio de Janeiro, 1980. 17 p.

_____. **Iluminação natural – Parte 4: Verificação experimental das condições de iluminação interna de edificações – Método de medição.** NBR – 15215. Rio de Janeiro, 2004. 13 p.

_____. **Desempenho de edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais.** PNBR – 02:136.01. Rio de Janeiro, 2004. 53 p.

_____. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** PNBR – 02:135.07. Rio de Janeiro, 2003. 23 p.

_____. **Iluminância de Interiores.** NBR – 5413. Rio de Janeiro, 1992. 13 p.

AMORIM, Cláudia N. D. **Iluminação Natural e Eficiência Energética – Parte I: Estratégias de Projeto para uma Arquitetura Sustentável.** Disponível em: <http://vsites.unb.br/fau/pos_graduacao/paranoa/edicao2002/eficiencia_energetica.pdf> Acesso em: setembro de 2011

ASSIS, Eleonora Sad de, et. al. Habitação social e eficiência energética: um protótipo para o clima de Belo Horizonte. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, 2, 2007, Vitória. **Anais...** Vitória – ES.

BITTENCOURT, L. CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural.** Maceió. EDUFAL, 2005.

BONDUKI, N. **Origens da habitação social no Brasil.** São Paulo: Estação Liberdade/ FAPESP, 1998.

BONATES, Mariana Fialho. **Ideologia da Casa Própria... Sem Casa Própria: o Programa de Arrendamento Residencial na Cidade de João Pessoa – PB.** João Pessoa – PB: Editora Universitária da UFPB, 2009.

_____. **Política de habitação nas áreas centrais: retórica versus prática.** Cadernos Metrôpole 21, 2009b. Disponível em: http://cadernosmetropole.net/download/cm_artigos/cm21_151.pdf> Acesso em: outubro de 2011

BRASIL. **Déficit Habitacional no Brasil 2007**. Ministério das Cidades, Secretaria Nacional de Habitação, 2009. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/deficit-estimativa>>. Acesso em: junho de 2011.

_____. **Eficiência Energética em Habitação de Interesse Social**. Cadernos MCidades – Habitação, 2005. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/cadernos-do-ministerio-das-cidades>>. Acesso em: maio de 2011.

_____. **Política Nacional de Habitação**. Cadernos MCidades – Habitação. 2004. Disponível em: <<http://www.cidades.gov.br/cadernos-do-ministerio-das-cidades>>. Acesso em: maio de 2011

_____. **Monitoramento, acompanhamento e análise do mercado de energia: estatística e análise do mercado de energia elétrica**. Ministério de Minas e Energia - Empresa de Pesquisa Energética, 2008. Disponível em: <www.epe.gov.br/Boleti_mPeriodico/20080123_1.pdf>. Acesso em: setembro de 2011

_____. **Consumo Nacional de Energia Elétrica por Classe**. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/mercado/Documents/Consumo%20nacional%20de%20energia%20el%C3%A9trica%20por%20classe%20-%201995-2010.pdf>>. Acesso em: setembro de 2011

CORREIA, Ludmila de. **Conforto Ambiental e suas relações subjetivas: Análise ambiental integrada na habitação de interesse social**. Brasília, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília.

DIDONÉ, Evelise Leite. **A influência da luz natural na avaliação da eficiência energética de edifícios contemporâneos de escritórios em Florianópolis/SC**, 2009. Mestrado (Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2009.

ESTEVES, Ana P. C. LOMARDO, Louise L. B. O retrofit de edificações tombadas: Possíveis caminhos para a atualização tecnológica de fachadas modernistas e a reforma do edifício IRB. In: DOCOMOMO, 8, 2009, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro.

FONSECA, Raphaela Walger da. **A influências das reflexões internas na iluminação natural do ambiente construído**. Florianópolis, 2007. 180f... Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) Universidade Federal de Santa Catarina.

FONSECA, S. D.; COSTA, A. S.; KRUGER, E. L. **Aplicação da regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética em salas de aula da UTFPR**. . In: Encontro Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 12., 2008, Fortaleza. **Anais...**Fortaleza: ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia no Ambiente Construído, 2008.

- FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de Conforto Térmico**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 241p.
- GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 3º ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GRAÇA, Valéria A. C. SCARAZZATO, Paulo. KOWALTOWSKI, Doris C.C.K. Método simplificado para a avaliação de iluminação natural em anteprojetos de escolas de ensino Estadual de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE O CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6, São Paulo. 2001. **Anais...** São Paulo.
- GRILLO, José C. Soares. **Reabilitação ambiental de edifício público moderno: o caso do Palácio Itamaraty**, 2005. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade de Brasília. Brasília, 2005.
- INMETRO – **Regulamento Técnico da Qualidade (RTQ) para nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**, 2010. Disponível em: Acesso em:
- INMETRO – **Requisitos de Avaliação da Conformidade para o nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**, 2011. Disponível em: Acesso em:
- LAMBERTS, Roberto, et. al. **Desempenho Térmico de Edificações**. Florianópolis, 2005. Disponível em: http://www.conservacaodeenergia.com/arq5655/ARQ5655_apostila_cap1_2.pdf. acesso em: setembro de 2011.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. 192p.
- LIMA, Francisco José Lopes de; CAVALCANTI, Emilson Palmeira; SOUZA, Enio Pereira de. Avaliação do Potencial Eólico em cinco regiões do Estado da Paraíba. **Revista de Geografia**, Recife: UFPE – DCG/NAPA, v. 27, n. 1, jan/mar. 2010
- MENEZES, M. S. **Avaliação de Desempenho Térmico de Habitações Sociais de Passo Fundo – RS**, 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo, 2006.
- OLIVEIRA, Rodrigo Porto. **Utilização de um aplicativo de simulação computacional na avaliação de desempenho térmico de protótipo de habitação de interesse social (HIS)**, 2010. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2010.

PASSOS, Isabela Cristina da Silva. **Clima e Arquitetura habitacional em Alagoas: estratégias bioclimáticas para Maceió, Palmeira dos Índios e Pão de Açúcar**. Maceió, 2009. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Alagoas.

PEDRINI, Aldomar; et al. **Desempenho térmico de tipologias de habitações de interesse social para cidades brasileiras**. Eletrobrás: Natal, 2009.

PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica. **Manual de Iluminação Eficiente**. 1º edição, 2002.

RANGEL, Pollyana de Faria. **Interface entre arquitetura Bioclimática e decisões projetuais**, 2008. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2008.

ROMÉRO, Marcelo de Andrade; ORNSTEIN, Sheila Walbe. **Avaliação Pósocupação: Métodos e Técnicas Aplicados à Habitação Social**. Porto Alegre, Coleção Habitare, 2003. 294p.

ROTTA, Renata. **Desempenho térmico de edificações multifamiliares de interesse social em conjuntos habitacionais na cidade de Santa Maria – RS**. Santa Maria, 2009. 130f... Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Maria.

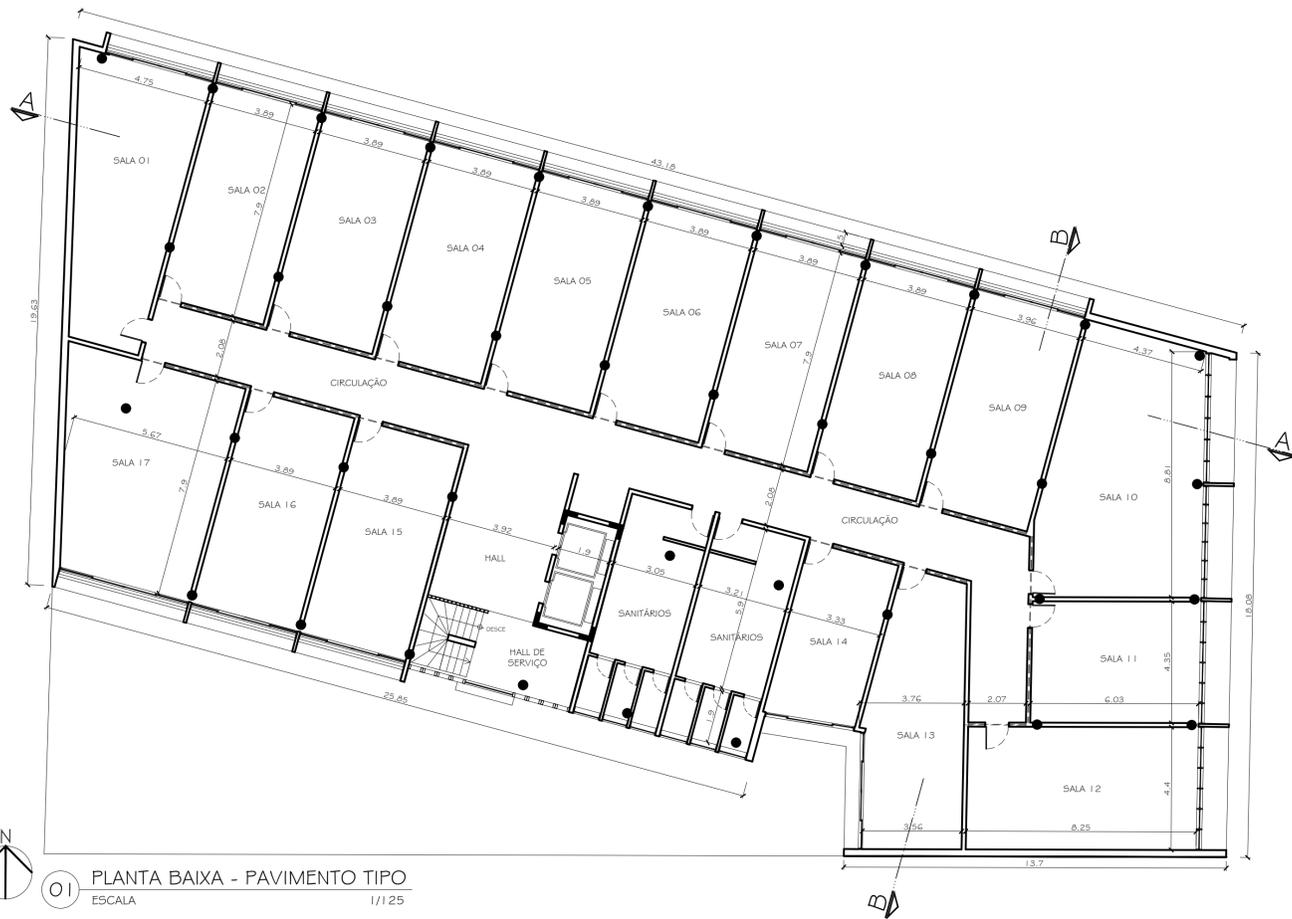
SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. **Metodologia de Pesquisa e Elaboração da Dissertação**. 3º edição revisada e atualizada. Florianópolis. Laboratório de Ensino à Distância da UFSC, 2001. 121 p.

SPANNENBERG, Mariane Gampert. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudos de caso em Marau – RS**. Florianópolis, 2006. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)

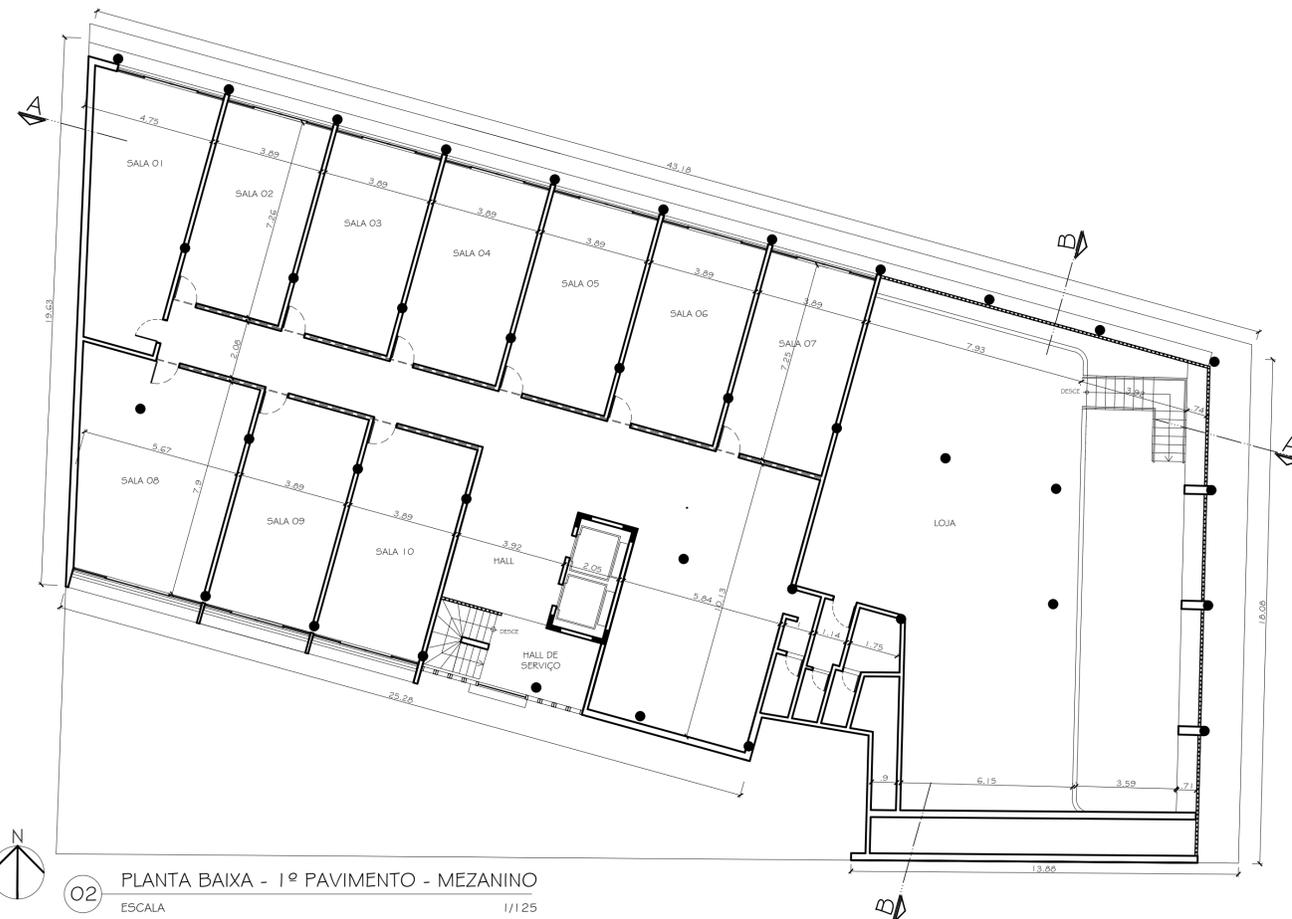
VENÂNCIO, Raoni. **Treinamento para o Programa DesignBuilder – versão 2**. Laboratório de Conforto Ambiental, UFRN, 2010.



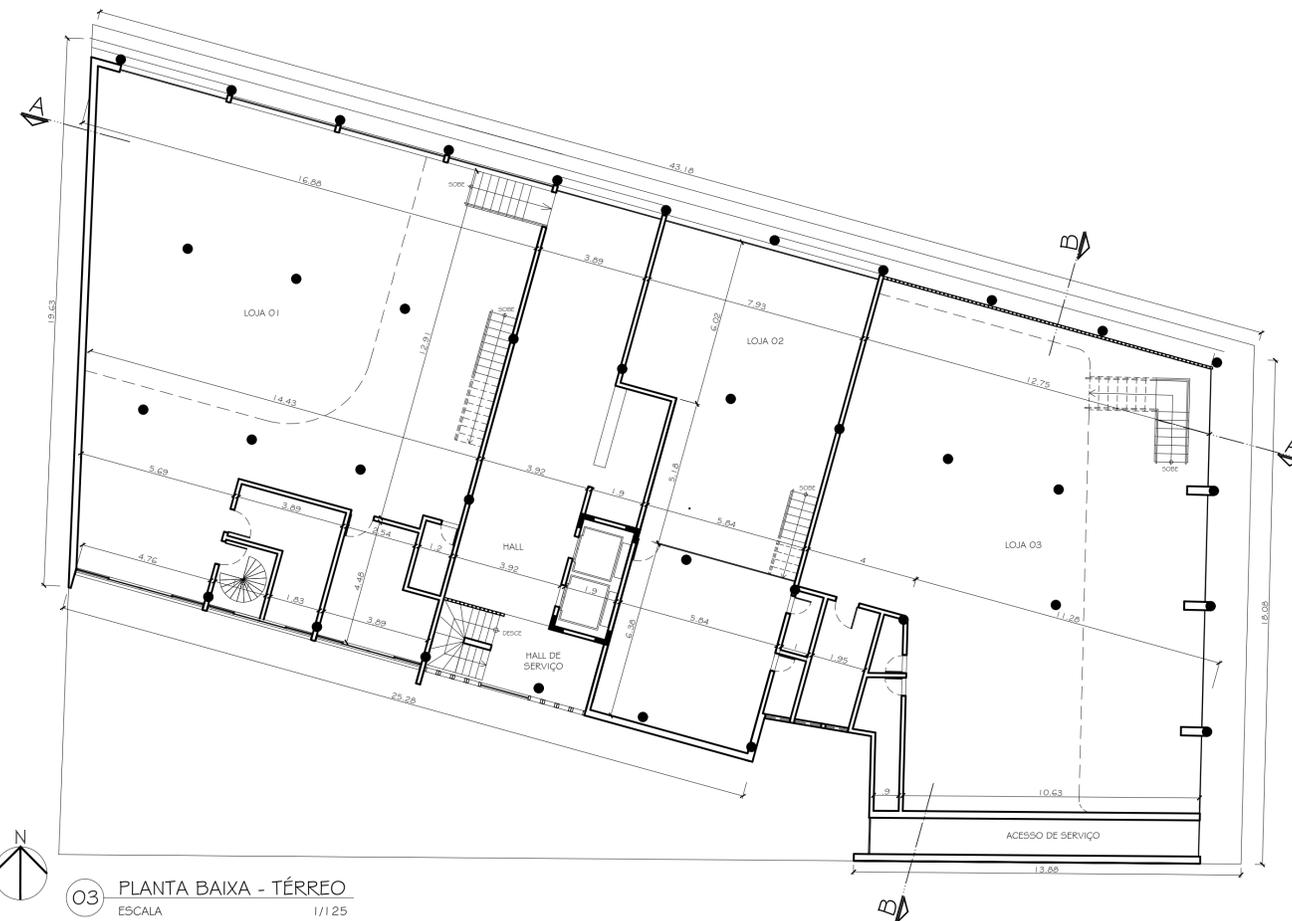
A n e x o s



01 PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO
ESCALA 1/125



02 PLANTA BAIXA - 1º PAVIMENTO - MEZANINO
ESCALA 1/125

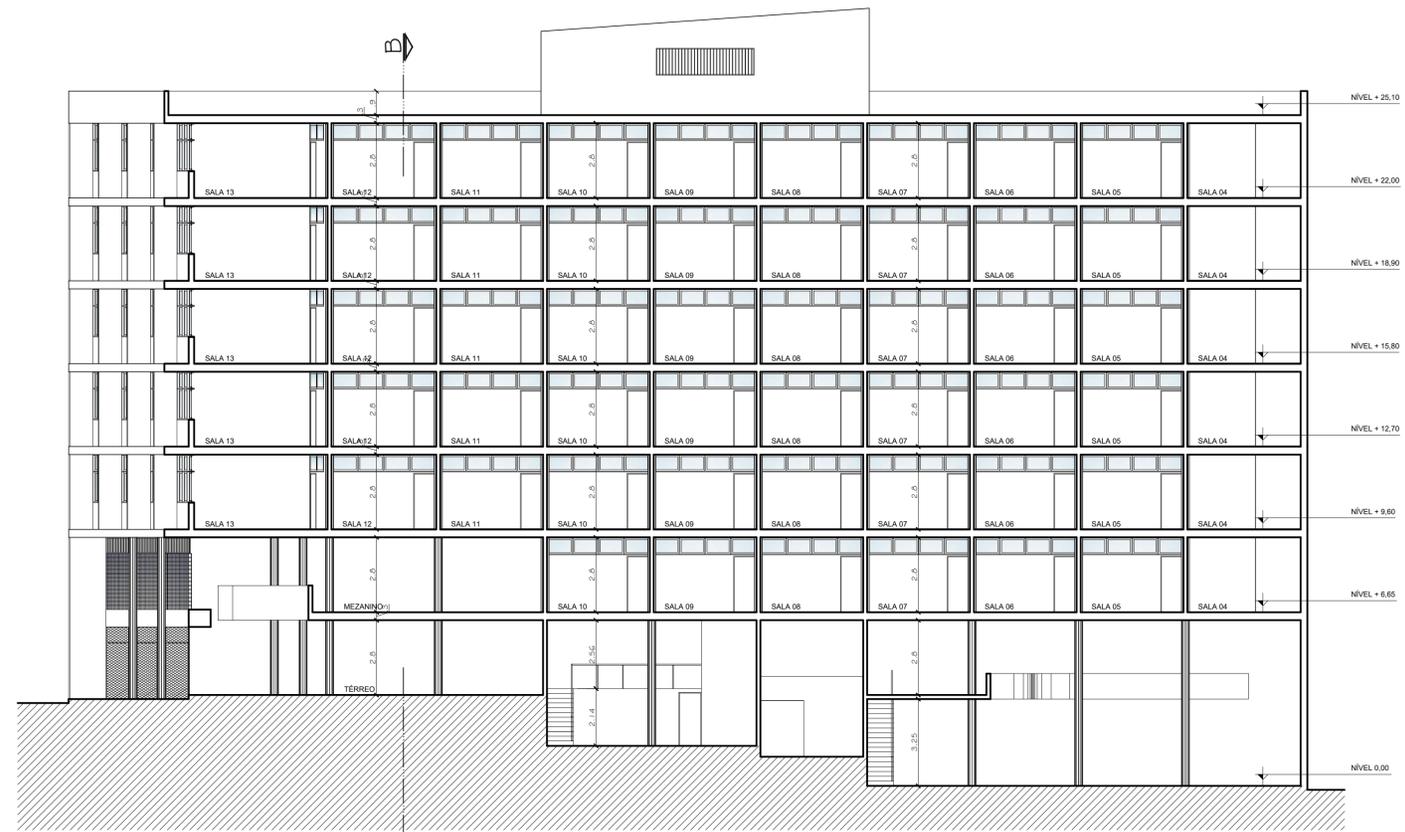


03 PLANTA BAIXA - TÉRREO
ESCALA 1/125



PLANTA DE LOCALIZAÇÃO
ESCALA 1/1500

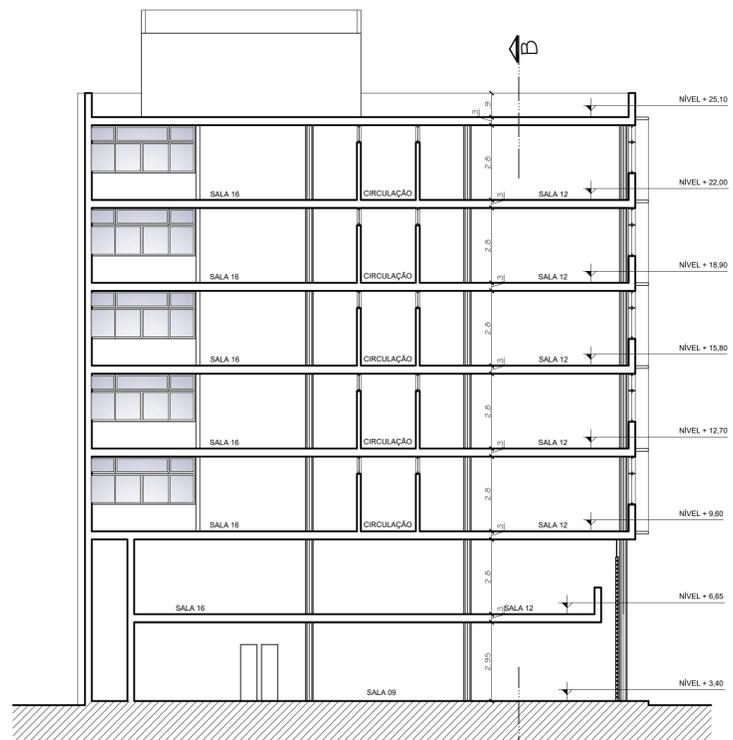
 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE TECNOLOGIA ARQUITETURA E URBANISMO TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO	
CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: Análise de proposta para o antigo edifício do IPASE-PB	
ALUNA: Eliana Costa Lima	Projeto arquitetônico original Digitalizado a partir de Guimarães (2009)
ORIENTADORA: Profª Drª Solange Leder	Edifício antiga sede do IPASE-PB Local: R. Duque de Caxias, s/n Centro, João Pessoa-PB
ESCALAS: 1/125	DESENHOS: PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO PLANTA BAIXA - PAVIMENTO TIPO
PRANCHA: 01 / 02	



04 CORTE AA
ESCALA 1/125



06 FACHADA NORTE
ESCALA 1/125



05 CORTE BB
ESCALA 1/125



07 FACHADA LESTE
ESCALA 1/125

 UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA CENTRO DE TECNOLOGIA ARQUITETURA E URBANISMO TRABALHO FINAL DE GRADUAÇÃO	
CONFORTO AMBIENTAL E EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL: Análise de proposta para o antigo edifício do IPASE-PB	
ALUNA: Eliana Costa Lima	Projeto arquitetônico original Digitalizado a partir de Guimarães (2009)
ORIENTADORA: Profª Drª Solange Leder	Edifício antiga sede do IPASE-PB Local: R. Duque de Caxias, s/n Centro, João Pessoa-PB
ESCALAS: 1/125	DESENHOS: FACHADA NORTE FACHADA LESTE CORTE AA CORTE BB
PRANCHA: 02 / 02	