

FACULDADE DAMAS  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
MÁLLYSON CEZAR TAVARES

**EDIFÍCIO EMPRESARIAL EFICIENTE:**

ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES  
ENERGETICAMENTE, NO BAIRRO DO PINA, EM RECIFE

RECIFE  
NOVEMBRO DE 2011.

FACULDADE DAMAS  
CURSO DE ARQUITETURA E URBANISMO  
MÁLLYSON CEZAR TAVARES

**EDIFÍCIO EMPRESARIAL EFICIENTE:**

ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES  
ENERGETICAMENTE, NO BAIRRO DO PINA, EM RECIFE

Trabalho de conclusão de curso desenvolvido pelo aluno Mállyson César Tavares, orientado pela Prof<sup>ª</sup>. Gisele Carvalho, e apresentado ao Curso de Arquitetura e Urbanismo, da Faculdade Damas da Instrução Cristã.

RECIFE  
NOVEMBRO DE 2011.

**Tavares, Mályson Cezar**

**Edifício empresarial eficiente: anteprojeto de um edifício empresarial com fachadas eficientes energeticamente, no bairro do Pina em Recife / Mályson Cezar Tavares – Recife: O Autor, 2011.**

**79 folhas : il., fig.**

**Orientador(a): Gisele Carvalho**

**Monografia (graduação) – Faculdade Damas da Instrução Cristã. Trabalho de conclusão de curso, 2011.**

**Inclui bibliografia e anexos.**

**1. Arquitetura 2. Eficiência Energética 3. Edifício de Escritório 4. Proposta Arquitetônica  
I. Título.**

**711 CDU (2.ed.)  
711.4 CDD (22.ed.)**

**Faculdade Damas  
2012- 101**

A Deus, pela fé e perseverança. Aos familiares, em destaque meus pais, Marinaldo Severino Tavares e Severina Tavares da Silva, e minha irmã, Maryane Gabriela Tavares, pelo apoio incondicional. Aos amigos, pelos incentivos, sobretudo aqueles que caminharam comigo ao longo dessa árdua estrada, principalmente Alyne dos Santos Oliveira e Érica Viana Pais Barreto. A Juliana da Costa Eufrásio, que também contribuiu para a realização desse trabalho. E aos professores, especialmente Fátima Almeida, minha orientadora Gisele Carvalho e minha coordenadora Mércia Carrera, pelas contribuições na formação profissional.

*“É ideal que o arquiteto tenha o conhecimento básico de todos os conceitos relativos ao desempenho energético de edificações para tornar possível e eficiente a multidisciplinaridade de seu projeto”*

*Roberto Lamberts*

## RESUMO

O principal foco do trabalho é mostrar a relação entre os fechamentos de fachadas e o consumo de energia elétrica. A partir daí, tem-se a elaboração de um projeto arquitetônico, onde se propõe fachadas eficientes energeticamente em edifícios de escritórios, especificamente na cidade do Recife. Com isso, o trabalho compreende em propor materiais de revestimentos das fachadas com bom desempenho térmico; adequar a edificação ao clima em que ela está inserida; demonstrar soluções arquitetônicas que diminuam a radiação solar no interior da edificação e contribuir para a incidência da iluminação natural na edificação, além da ventilação natural, resultando no conforto ambiental e na redução dos desperdícios energéticos. A pesquisa está organizada em quatro capítulos, onde se observa a relação entre os edifícios de escritórios e a eficiência energética; a análise de outras edificações, como estudos de casos; a caracterização do terreno e seu entorno; e, por fim, a proposta arquitetônica.

**Palavras-chave:** *Eficiência Energética; Edifício de Escritório; Proposta Arquitetônica.*

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### CAPÍTULO I

- Figura 01:** Transmitância térmica em fechamentos opacos.
- Figura 02:** Trocas de calor em edifícios e efeito estufa
- Figura 03:** Lã de Vidro
- Figura 04:** Lã de Rocha
- Figura 05:** Poliestireno
- Figura 06:** Transmissão da radiação nos fechamentos opacos e transparentes
- Figura 07:** As três fases de transmissão de calor nos fechamentos opacos
- Figura 08:** Variáveis da abertura
- Figura 09:** Fluxo de calor em fechamentos translúcidos
- Figura 10:** Vidro Insulado
- Figura 11:** Primeiro modelo de Cobogó, criado por Coimbra, Boeckmann e Góes
- Figura 12:** Segundo modelo de Cobogó
- Figura 13:** Cobogós utilizado em escadas
- Figura 14:** Cobogós utilizado em fachadas
- Figura 15:** Efeito causado pelos cobogós em corredores
- Figura 16:** Brises horizontais infinitos
- Figura 17:** Brises horizontais finitos
- Figura 18:** Edifício Niemeyer, em Belo Horizonte (brises horizontais)
- Figura 19:** Brises verticais infinitos
- Figura 20:** Brises verticais finitos
- Figura 21:** Brises horizontais
- Figura 22:** Brises mistos

**Figura 23:** Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro (brises mistos)

## **CAPÍTULO II**

**Figura 24:** Edifício JCPM Trade Center

**Figura 25:** Implantação do Edifício JCPM Trade Center

**Figura 26:** Entorno do Edifício JCPM Trade Center

**Figura 27:** Imponência causada pelos vidros

**Figura 28:** Pavimento tipo

**Figura 29:** Fachadas voltadas para o nascente

**Figura 30:** Fachadas voltadas para o poente

**Figura 31:** Detalhe da fixação dos vidros planos e curvos

**Figura 32:** Fixação da esquadria na estrutura do edifício

**Figura 33:** Estrutura de fixação da esquadria no térreo

**Figura 34:** Estrutura de fixação da esquadria no pavimento tipo

**Figura 35:** Edifício SUDENE

**Figura 36:** Vista da fachada oeste do Edifício da SUDENE

**Figura 37:** Cobogós na fachada oeste do Edifício da SUDENE

**Figura 38:** Vistas dos elementos vazados, na fachada oeste do Edifício da SUDENE

**Figura 39:** Vista da fachada leste do Edifício da SUDENE

**Figura 40:** Vista da fachada leste do Edifício da SUDENE

**Figura 41:** Elementos protetores na fachada leste do Edifício da SUDENE

**Figura 42:** Incidência de Ventilação no Edifício da SUDENE

**Figura 43:** Vista da fachada sudoeste do Edifício Cidade Nova

**Figura 44:** Corte Longitudinal

**Figura 45:** Corte Transversal

**Figura 46:** Edifício Cidade Nova e seu entorno

**Figura 47:** Primeiro prédio certificado pelo LEED no Estado do Rio de Janeiro

**Figura 48:** Planta-baixa do pavimento tipo do Edifício Cidade Nova

**Figura 49:** Átrio no interior da edificação

**Figura 50:** Vista da cobertura do átrio do Edifício Cidade Nova com persianas

**Figura 51:** Vista da cobertura do átrio do Edifício Cidade Nova sem persianas

**Figura 52:** Fachada dupla ventilada com detalhe da abertura inferior para ventilação

**Figura 53:** Corte esquemático da fachada dos escritórios

**Figura 54:** Vista da fachada norte do Edifício Cidade Nova

**Figura 55:** Vista da fachada nordeste do Edifício Cidade Nova

### **CAPÍTULO III**

**Figura 56:** Limite do bairro do Pina

**Figura 57:** Pina, anos 40 (atual Avenida Herculano Bandeira)

**Figura 58:** Pina, anos 50 (atual Avenida Boa Viagem)

**Figura 59:** Banhistas na Pina

**Figura 60:** Construção da Ponte Governador Paulo Guerra

**Figura 61:** Ponte do Pina (atual Ponte Governador Paulo Guerra)

**Figura 62:** Ponte Governador Paulo Guerra

**Figura 63:** Terreno e seu entorno

**Figura 64:** Terreno e o fluxo de veículos em entorno

**Figura 65:** Terreno e os edifícios de escritórios no seu entorno

**Figura 66:** Mapa de clima

**Figura 67:** Trajetória solar

**Figura 68:** Insolação no terreno

**Figura 69:** Frequência de ocorrência dos ventos, em Recife

**Figura 70:** Predominância da ventilação no terreno

**Figura 71:** Limite da RPA-6

## **CAPÍTULO IV**

**Figura 72:** Mapas de zoneamento

## LISTA DE TABELAS

### CAPÍTULO I

**Tabela 01:** Absortividade ( $\alpha$ ) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade ( $\varepsilon$ ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)

**Tabela 02:** Propriedade térmica de alguns materiais

**Tabela 03:** Fatores de reflexão de diferentes tipos de materiais e cores

**Tabela 04:** Comportamento térmico de alguns vidros. Transmissividade do material ( $\sigma$ ), absortividade ( $\alpha$ ) e refletividade ( $\rho$ )

### CAPÍTULO III

**Tabela 05:** Afastamentos do terreno

### CAPÍTULO IV

**Tabela 06:** Programa de necessidades e dimensionamento do térreo

**Tabela 07:** Programa de necessidades e dimensionamento do mezanino

**Tabela 08:** Programa de necessidades e dimensionamento do pavimento tipo

**Tabela 09:** Programa de necessidades e dimensionamento da cobertura

**Tabela 10:** Pré-dimensionamento geral do projeto

**LISTA DE QUADROS**

**CAPÍTULO I**

**Quadro 01:** Diretrizes gerais e materiais indicados para locais quentes e frios

**CAPÍTULO II**

**Quadro 02:** Análise Comparativa

**CAPÍTULO III**

**Quadro 03:** Afastamento inicial mínimo

**Quadro 04:** Requisitos de estacionamento

**CAPÍTULO IV**

**Quadro 05:** Programa de necessidades

## SUMÁRIO

**DEDICATÓRIA**

**EPIGRAFE**

**RESUMO**

**LISTA DE ILUSTRAÇÕES**

**LISTA DE TABELAS**

**LISTA DE QUADROS**

**SUMÁRIO**

**INTRODUÇÃO ..... 14**

**CAPITULO I – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA X EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS ..... 18**

1.1 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ARQUITETURA ..... 18

1.1.1 Eficiência Energética ..... 18

1.1.2 Eficiência Energética na Arquitetura ..... 20

1.1.3 Componentes das Fachadas..... 22

1.1.3.1 *Desempenho Térmico dos Materiais* ..... 22

1.1.3.2 *Comportamento Térmico dos Fechamentos de Fachadas*..... 32

1.2 INICIATIVAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE PARA EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS ..... 44

1.2.1 Contexto Internacional ..... 44

1.2.2 Contexto Brasileiro ..... 46

1.2.3 Legislação Energética dos Edifícios Brasileiros ..... 48

<b>CAPITULO II – ANÁLISE DOS EDIFÍCIOS EMPRESARIAIS .....</b>	<b>50</b>
2.1 EDIFÍCIO JCPM TRADE CENTER, NO RECIFE .....	50
2.2 EDIFÍCIO DA SUDENE, NO RECIFE .....	56
2.3 EDIFÍCIO CIDADE NOVA, NO RIO DE JANEIRO .....	61
2.4 ANÁLISE COMPARATIVA .....	68
<b>CAPITULO III – ANÁLISE DO TERRENO E SEU ENTORNO .....</b>	<b>71</b>
3.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO BAIRRO .....	71
3.2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TERRENO .....	75
3.3 LEGISLAÇÃO .....	81
<b>CAPITULO IV – PROPOSTA DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIOS COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE .....</b>	<b>85</b>
4.1 PROGRAMA E PRÉ-DIMENSIONAMENTO .....	85
4.2 ORGANOGRAMA E FLUXOGRAMA .....	88
4.3 MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO .....	89
4.4 ANTEPROJETO: PRANCHAS .....	92
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>111</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>112</b>

## ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE

### INTRODUÇÃO

O aumento do consumo energético nos edifícios, causado pelo excessivo uso de métodos artificiais que visavam solucionar problemas climáticos na arquitetura, contribuiu para a crise energética na década de 1970. Como possível solução, inicia-se a produção de uma arquitetura bioclimática, isto é, se preocupando com as questões climáticas. Posteriormente, tem-se uma nova maneira de se projetar, a arquitetura sustentável. “A arquitetura sustentável é a continuidade mais natural da bioclimática, considerando também a integração do edifício a totalidade do meio ambiente, de forma a torná-lo parte de um conjunto maior” (CORBELLA, 2003, p.17).

Um dos principais aspectos da sustentabilidade é a eficiência energética, que quando aplicada não prejudica o meio na qual está inserida. A obtenção de programas que proporcionem a eficiência energética é fundamental para a construção civil que, segundo o Green Building (órgão que certifica edificações sustentáveis), ainda absorve 40% da energia produzida no mundo. Um dos ramos imobiliários que precisa utilizar esses programas são os edifícios empresariais, por conta do alto consumo de ar condicionado e dos panos de vidros inadequados em climas tropicais, por exemplo. Geralmente, tem-se a construção de novas edificações, mas se utilizando de sistemas energéticos de alto consumo. Observa-se que a maioria dos profissionais não se preocupa com fatores, que vão dos mais básicos até os mais complexos, como por exemplo, uma abertura adequada na fachada até sistemas automatizados, que possam garantir uma edificação com consumo adequado de energia.

Algumas inovações tecnológicas aparecem como soluções para que a arquitetura esteja adequada energeticamente. Mas, devem-se ter preocupações quanto ao material aplicado na edificação, pois mesmo sendo durável ou com boa estética, não deve prejudicar o desempenho energético. Outro problema freqüente acontece nos anúncios do mercado imobiliário. Este apresenta para seus clientes, como propaganda, uma edificação que é dita preocupada com o meio ambiente, quando na verdade não apresenta aspectos que a caracterizam como tal.

Devido aos altos gastos energéticos, a economia de energia se torna uma preocupação fundamental na arquitetura. Com isso, para evitar prejuízos maiores, surgem órgãos, como o LEED, o PROCEL Edifica, que classificam os edifícios eficientes no consumo de energia, através de etiquetas que os comprovam.

É de fundamental importância a análise do local onde será feita a proposta arquitetônica, pois são bastante comuns edificações que são projetadas para um determinado contexto climático que não se preocupam com o mesmo. Podemos constatar isso em cidades como Recife, onde prédios totalmente fechados e com materiais inapropriados de revestimentos contribuem para o aumento do consumo da energia.

Segundo a Revista Arquitetura e Construção (2010), “a queda no consumo de energia gira em torno de 15%, graças as soluções de arquitetura, materiais de alto desempenho e equipamentos mais eficientes”, tornando ainda mais importante a escolha dos materiais que serão utilizados na construção, principalmente em regiões de clima quente. Mas não é o que se constata na maioria dos edifícios empresariais da cidade do Recife, onde se localiza o terreno escolhido para a proposta arquitetônica deste trabalho. Este é um grande problema, pois o clima da cidade apresenta temperaturas geralmente entre 20°C e 29°C, e umidades relativas quase sempre superiores a 60%, fazendo com que o conforto térmico atinja 31,6% das horas do ano e o desconforto, totalmente provocado pelo calor, cheguem a 68,3% das horas do ano (LAMBERTS, 1997, p.140).

Com isso, precisa-se ter uma consciência energética no momento em que se está projetando, principalmente para regiões quentes, pois caso contrário a edificação poderá ser uma imensa estufa, consumindo energia desnecessariamente.

Alguns edifícios utilizam as ferramentas de baixo consumo energético para serem diferenciais em relação a outros edifícios, cujos projetos não expressam totalmente a preocupação com os aspectos ambientais, sociais, culturais e econômicos. No futuro, esses aspectos não serão apenas um diferencial num projeto arquitetônico, mas sim obrigação. Com isso, o tema escolhido é de fundamental importância dentro do contexto de uma arquitetura de eficiência energética, que utiliza os meios naturais e tecnológicos como fundamentais em sua proposta.

A idéia principal da pesquisa é mostrar a relação entre os fechamentos de fachadas e o consumo de energia, contribuindo assim para uma edificação sustentável. A partir daí, observa-se nessa arquitetura inovações e tecnologias que buscam melhorar o cotidiano humano, e conseqüentemente se preocupando com fundamentos básicos como a iluminação, o conforto térmico e a ventilação. Para atingir esses fundamentos de forma realmente eficiente, precisa-se ter uma consciência, além de ambiental, econômica, para atrair os empreendedores. A prova é que várias empresas estão exigindo qualificação ambiental de novos empreendimentos empresariais.

Outro fator de grande relevância para a realização dessa pesquisa é a localização do terreno escolhido, para a elaboração da proposta arquitetônica. O bairro escolhido é o do Pina, na zona sul do Recife, e a via escolhida é a Avenida Engenheiro Antônio de Góes. A escolha dessa avenida foi feita a partir de constatações de que esse local será o novo centro empresarial da cidade. E pelo fato do crescimento desses empreendimentos, esse trabalho visa a elaboração de um edifício que reflita as necessidades climáticas do local onde ele esteja implantado. Nesse caso, tem-se uma cidade próxima a linha do equador, o que resulta em altas temperaturas durante grande parte do ano.

A partir daí, o objetivo geral do presente trabalho foi elaborar um anteprojeto de arquitetura de um edifício de escritórios, no bairro do Pina, em Recife, utilizando fachadas eficientes energeticamente. Deste modo os objetivos específicos compreendem propor materiais de revestimentos das fachadas com bom desempenho térmico; adequar a edificação ao clima em que ela está inserida; demonstrar soluções arquitetônicas que diminuam a radiação solar no interior da edificação e contribuir para a incidência da iluminação natural na edificação, além da ventilação natural, resultando no conforto ambiental e na redução dos desperdícios energéticos.

Os procedimentos metodológicos utilizados nesse estudo podem ser divididos em quatro etapas. Primeiramente foi feita a Pesquisa Bibliográfica através de publicações como artigos, trabalhos científicos, livros, entre outros, para assim ser aprofundado o conceito de eficiência energética e de edifício empresariais.

Posteriormente a essa pesquisa, três estudos de caso foram analisados e comparados para embasar a proposta final, facilitando assim, indicações de soluções tecnológicas e ambientais. O primeiro foi o Edifício JCPM Trade Center, no Bairro do Pina, no Recife, analisando as soluções de fachadas, observando sua orientação em relação ao sol e os materiais de revestimentos. O segundo será o Edifício da SUDENE, próximo ao campus da Universidade Federal de Pernambuco, na BR-101, também no Recife, analisando os brises e cobogós utilizados, contribuindo para proteger a edificação da radiação solar, além de observamos também a ventilação natural. Por fim, temos o Edifício Cidade Nova, no Rio de Janeiro, no qual serão observadas as novas soluções de fachadas, diminuindo o efeito estufa, que ocorrem em edificações envidraçadas.

Depois foi feito a Pesquisa de Campo onde foram coletados os dados sobre o histórico e a evolução do bairro, do entorno, além de avaliar a orientação solar e de ventilação do terreno. Também será analisada a legislação para a adequação e justificativa do projeto para a área proposta.

A última etapa configurou-se a proposta arquitetônica, com a definição do programa, dimensionamento, estudos volumétricos, empregando todos os aspectos analisados, através de um edifício comercial que apresente em sua fachada soluções que contribuam para a eficiência energética.

Portanto, neste trabalho, tivemos a proposição de um anteprojeto de um edifício empresarial eficiente energeticamente. Dentre as várias maneiras de se fazer com que um edifício consuma menos energia, analisamos apenas uma, que foram suas fachadas. Desta forma, na proposta arquitetônica, o principal aspecto que deve ser analisado são as fachadas, através de estratégias que contribuam para que a edificação seja eficiente energeticamente.

## ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE

### **CAPITULO I – EFICIÊNCIA ENERGÉTICA X EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS**

Este capítulo se inicia analisando a eficiência energética, enfatizando o surgimento desse conceito, e destacando os fatores que os circundam. Logo após, será abordada a importância da consciência energética na arquitetura, destacando os materiais e os elementos que os ajudam. Posteriormente, serão abordados os edifícios de escritórios, destacando o Brasil e alguns importantes países que promovem soluções para o baixo consumo de energia. E, por fim, serão expostas as iniciativas de legislações brasileiras para edifícios eficientes.

#### **1.1. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ARQUITETURA**

##### **1.1.1. Eficiência Energética**

Em consequência das grandes alterações ambientais como o efeito estufa, o aquecimento global, a falta de água potável e a elevação das águas dos oceanos, toda a população já está sofrendo ou irá sofrer com os difíceis efeitos que esses problemas geram. Devido a preocupação com essas alterações ambientais, surgiram no final do século XX reuniões em várias partes do mundo, definindo protocolos e tratados que diminuíssem esses impactos. Tem-se, por exemplo, o Protocolo de Kyoto e o Tratado da Antártica, que buscam alertar as pessoas alguns problemas ambientais que estão ocorrendo. Alguns países, principalmente os desenvolvidos, absorveram bem essas reuniões e promoveram soluções internas que contribuíssem para a qualidade de vida dos seus atuais e futuros habitantes. Dentre outros problemas discutidos nestas reuniões, um dos principais foi a redução do consumo de energia elétrica.

Com a finalidade de se conseguir o uso eficiente da energia, vários países desenvolveram programas para a redução do consumo da eletricidade. Segundo Buonafina (2007), apenas entre 1988 e 1990 foram implantadas cerca de quarenta programas em países europeus, como Dinamarca, Holanda, Suíça e Alemanha. Nos Estados Unidos da América foram realizadas, no início da década de 90, cerca de cem programas, pois eles defendiam que é mais

econômico conservar a energia do que ampliar os sistemas de distribuição e geração. No Brasil temos, por exemplo, o PROCEL, que é um programa de eficiência energética, no qual trabalha na conservação de energia e no seu uso eficaz. O sucesso dos programas de eficiência energética além de buscar soluções que reduzam a utilização da energia, mostra também que o país está preocupado com o meio ambiente, além de ser um fator importante para seu desenvolvimento.

“A eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo desperdício de energia” (LAMBERTS, 1997, p.14). Neste sentido, um determinado produto é considerado eficiente energeticamente quando ele produz o mesmo resultado final, mas gastando menos energia do que o habitual. Também se pode levar em consideração quando uma determinada atividade gasta a mesma quantidade de energia, mas seu rendimento final é maior. Por exemplo, alguns eletrodomésticos produzem o mesmo resultado final, mas com um menor consumo energético.

Vários são os fatores que influenciam para que uma determinada atividade seja eficiente energeticamente. Esses fatores são caracterizados tecnicamente e economicamente, onde são considerados os equipamentos de geração de energia, os processos produtivos, os bens produzidos e os equipamentos de uso final de energia; proporcionando assim a diminuição dos gastos financeiros.

“As medidas relacionadas ao consumo de eletricidade têm grande impacto sobre quase todos os níveis de atividade econômica” (BUONAFINA, 2007, p.35). Isto pode ser constatado nas inúmeras empresas que investem na redução do consumo de eletricidade, proporcionando a ela a diminuição nos gastos financeiros e também classificado-a como uma empresa que se preocupa com o impacto ambiental. Além disso, elas optam por se instalarem em locais em que apresentem programas e soluções sustentáveis.

Com isso, é de fundamental importância analisar os fatores que levam a eficiência energética, a partir de soluções tecnológicas, sociais, econômicas, entre outras, que tragam como consequência o mínimo de impacto ao meio ambiente, proporcionando bem estar a toda sociedade.

### 1.1.2. Eficiência Energética na Arquitetura

Como já foi citada anteriormente, a obtenção da eficiência energética é adquirida quando temos o uso eficaz da energia. Em relação a arquitetura “um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia” (LAMBERTS, 1997, p.14).

O uso racional de energia é um ponto fundamental no momento em que se está projetando uma obra arquitetônica. No contexto histórico, é perceptível que no período clássico a arquitetura tinha três aspectos fundamentais, que segundo Vitruvio, equilibravam uma obra arquitetônica: a estrutura, a funcionalidade e a estética. Mas com as necessidades atuais, é preciso acrescentar mais um aspecto, que é justamente a eficiência energética.

Com o Movimento Moderno, a maior preocupação de alguns arquitetos era seguir os cinco princípios definidos por Le Corbusier. Eram eles a estrutura de pilotis, o terraço-jardim, a planta livre, a fachada livre e a janela em fita. Alguns arquitetos seguiram bem esses pontos, adaptando-os ao contexto em que a edificação estava inserida. Na cidade do Recife, por exemplo, isso ficou claro na produção de alguns arquitetos como Delfim Amorim e Acácio Gil Borsoi. Mas ao contrário desses arquitetos, outros não adaptaram corretamente os princípios corbusianos, ou seja, eles não estavam levando em consideração a adaptação do edifício ao contexto que ele estava inserido, inclusive ao ambiental. Esta constatação fica evidente quando notamos que as cortinas de vidro, de Mies van der Rohe, criaram um padrão arquitetônico seguido até hoje pelos edifícios de escritórios, independente de onde eles estejam. Isto porque, esses edifícios se tornaram sinônimo de poder das sociedades em que eles estavam contidos, sendo assim exportados para várias localidades, sem sofrer as adaptações necessárias, tornando-se várias vezes “edifícios estufas”, com um alto consumo energético.

Isto ocorreu porque a realidade tanto européia quanto norte-americana era de um clima onde este tipo de edificação era a ideal, mas o problema surgiu justamente quando em climas tropicais, por exemplo, os arquitetos projetavam edificações com as mesmas características dos edifícios de clima temperado. E para amenizar esses efeitos os arquitetos recorriam

apenas para os sistemas de iluminação e de climatização artificial, o que segundo Lamberts (1997), contribuiu para a crise da energia na década de 70.

Para vencer a crise energética, era preciso grandes investimentos em novas hidrelétricas, termoelétricas, usinas nucleares, diminuindo assim investimentos em outras áreas públicas como, por exemplo, saúde e educação. Assim sendo, Geller (1994), afirma que é mais barato economizar energia do que fornecê-la, pois se reduz a necessidade de gastos com o setor público. Neste sentido, cabe ao arquiteto “a concepção de projetos que possibilitem a execução de edifícios mais eficientes, logrando com essa postura o conforto dos usuários e o uso racional da energia” (LAMBERTS, 1997, p.19).

Com isso, é de fundamental importância que tanto os arquitetos, quanto os engenheiros tenham conhecimento sobre a eficiência energética na arquitetura, podendo por em prática esse conceito no período de concepção do projeto e na especificação de materiais. Isso porque, segundo a revista *Arquitetura e Construção* (2010), o Conselho de Green Building dos Estados Unidos credita que a construção civil absorve 40% da energia produzida no mundo e 30% do uso da água potável do globo. É evidente a importância de se projetar levando em consideração a eficiência energética, pois a queda no consumo de energia gira em torno de 15%, graças as soluções de arquitetura, materiais de alto desempenho e equipamentos mais eficientes. A partir disso, a eficiência energética apresenta grande potencial na redução de efeito estufa, e também na criação de emprego, aponta um relatório de 2008 da World Watch Institute (WWI) (*Revista Arquitetura e Construção*, 2010).

Com a finalidade de se destacar em relação aos outros edifícios, e como até mesmo estratégia de marketing, algumas edificações estão buscando certificações ambientais. Essa “etiqueta verde” é certificada pela LEED, AQUA, PROCEL Edifica, BREEAM, entre outros. Segundo Marcelo Takaoka, presidente do Conselho Brasileiro de Construção Sustentável, alguns prédios novos tiveram que passar por uma reabilitação porque não conseguiam ser alugados. Isto implica que, aos poucos, os projetos ineficientes estão sendo rejeitados pelo mercado. Isso é a comprovação de que “o mercado está exigindo prédios mais eficientes, que se mantenham atuais por mais tempo”, diz Luiz Fernando Bueno, diretor de operações para terceiros da Gavisa (*Revista Arquitetura e Construção*, 2010).

Portanto é “ideal que o arquiteto tenha o conhecimento básico de todos os conceitos relativos ao desempenho energético de edificações para tornar possível e eficiente a multidisciplinaridade de seu projeto” (LAMBERTS, 1997, p.24). Com isso, ele poderá discutir com o engenheiro civil os materiais, a estrutura, a obra; com o engenheiro eletricitista sobre a eletricidade e iluminação; com o engenheiro mecânico sobre o ar condicionado e com o especialista de instalações de água quente, para que eles possam por em prática tudo que já foram analisados por eles no momento em que eles se integraram para a produção do projeto arquitetônico, cabendo ao arquiteto o papel de coordenador deste processo.

### 1.1.3. Componentes das Fachadas

#### 1.1.3.1. *Desempenho Térmico dos Materiais*

Ao se projetar uma edificação dentro dos padrões de eficiência energética é preciso conhecer as características físicas e climáticas do local. Assim, podem-se saber quais materiais serão mais adequados para as “condições ideais de conforto da edificação mesmo quando sua orientação, forma e dimensões sejam favoráveis” (COELHO, 2006, p.43).

O conhecimento das características térmicas dos principais materiais que protegem a edificação contra o alto consumo energético é muito importante, porque são eles que se definem automaticamente, no período de anteprojeto, quais deles devem ser inseridos no determinado projeto, consequência do local onde a edificação está inserida. Isto é, a correta “escolha dos materiais só serão possíveis através de uma correta análise de ‘resposta’ térmica destes em relação as condições climáticas locais, sem, no entanto, abrir mão dos conceitos arquitetônicos que atendam as necessidades funcionais e plásticas inerentes a proposta arquitetônica” (COELHO, 2006, p.43). A partir daí se analisa a transmissão de calor da edificação, os ganhos e perdas térmicas, com a finalidade de que o desempenho térmico seja favorável.

- Conceitos sobre Transmissão de Calor

Para que haja transmissão de calor é fundamental que os corpos apresentem diferentes temperaturas. Com isso, o fluxo de calor é direcionado da região mais quente para a mais fria, buscando assim o equilíbrio térmico (LAMBERTS, 1997). Neste sentido, esse fluxo que ocorrerá no material dependerá da transmitância térmica do mesmo.

A transmitância térmica é justamente o inverso da resistência térmica do material. É de fundamental importância “conhecer os valores da transmitância térmica dos materiais para poder comparar as diversas opções de fechamento opaco, decidindo por aquele que melhor se adequa as condições de conforto térmico” (COELHO, 2006, p.46). Por sua vez, a resistência térmica de um material dependerá da condutividade térmica e da espessura. A condutibilidade, no entanto, dependerá da densidade do material. A condutibilidade térmica representa a capacidade de um material de conduzir maior ou menor quantidade de calor por unidade de tempo. Já nos fechamentos translúcidos, a capacidade de transmitir a radiação solar para o interior da edificação depende da transmissividade térmica. Uma parcela é absorvida, aquecendo o ambiente interno, e a outra refletida para o exterior. A seguir, na figura 01, tem-se o processo de cálculo da resistência térmica de um fechamento opaco, e conseqüentemente de sua transmitância térmica.

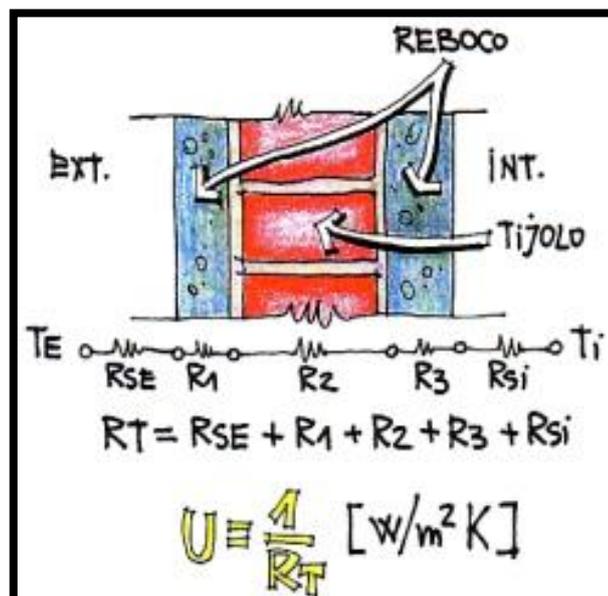


FIGURA 01: Transmitância térmica em fechamentos opacos.

FONTE: Lamberts, 1997.

É de fundamental importância analisar a absorvidade a radiação solar no material, que é quociente da taxa da radiação solar absorvida por uma superfície, pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície. Tem-se também a emissividade, que é o quociente da taxa de radiação emitida por uma superfície, pela taxa de radiação emitida por um corpo negro, a mesma temperatura. Na tabela a seguir, tem-se a taxa de absorção e de emissão de alguns itens usados nos fechamentos da construção civil.

**TABELA 01:** Absortividade ( $\alpha$ ) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade ( $\varepsilon$ ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas).

Tipo de superfície	$\alpha$	$\varepsilon$	
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05	
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12	
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25	
Caixação nova	0,12 / 0,15	0,90	
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95	
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95	
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95	
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95	
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98	
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84	
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84	
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84	
Pintura:	Branca	0,20	0,90
	Amarela	0,30	0,90
	Verde clara	0,40	0,90
	“Alumínio”	0,40	0,50
	Verde escura	0,70	0,90
	Vermelha	0,74	0,90
	Preta	0,97	0,90

**FONTE:** Coelho, 2006.

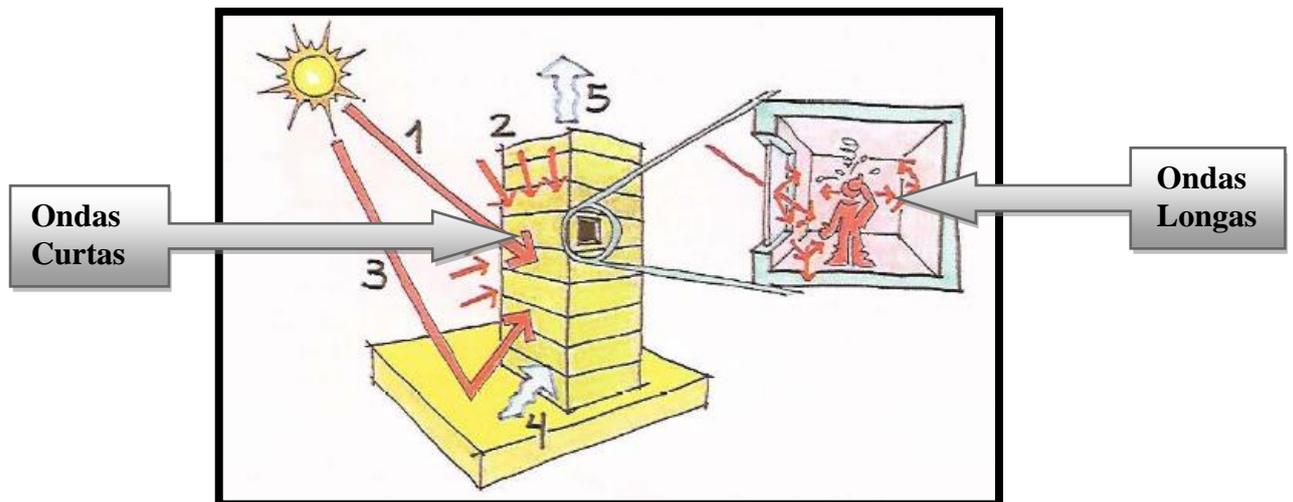
Conforme a tabela acima, os revestimentos mais claros como as chapas de alumínio e a pintura branca absorvem menos calor. Conseqüentemente, os mais escuros como o concreto aparente e a pintura preta absorvem mais calor.

A radiação emitida pela superfície é conhecida como ondas longas. Ela é uma propriedade física dos materiais, que diz qual a quantidade de energia térmica é emitida por unidade de tempo. A partir daí, pode-se definir que “para manter as condições de conforto deve-se proteger ou expor as superfícies da edificação a radiação solar, respectivamente em locais

quentes ou frios” (COELHO, 2006, p.50). Existem localidades que o conforto climático é gerado pelo frio e pelo calor, isto é, no período de inverno e verão. Nestes casos, precisam ser adotadas estratégias que protejam desses dois períodos.

O processo de radiação solar em uma edificação ocorre da seguinte maneira:

A radiação de onda curta que entra por uma abertura no edifício incide nos corpos que se aquecem e emitem radiação de onda longa. O vidro, sendo praticamente opaco a radiação de onda longa, não permite que o calor encontre passagem para o exterior, superaquecendo o ambiente interno. Este fenômeno é conhecido como efeito estufa e é o maior transformador da radiação solar em calor no interior de uma edificação (LAMBERTS, 1997, p.36).



**FIGURA 02:** Trocas de calor em edifícios e efeito estufa.

**FONTE:** Lamberts, 1997.

Além disso, devido as condições climáticas do local trabalhado, pode-se aumentar ou diminuir a espessura, ou até mesmo alterar o material utilizado por outro que apresente maior ou menor condutibilidade térmica. É ideal que isso seja definido na fase de projeto, pois quando a edificação já é construída, essas soluções são difíceis tanto em relação a estrutura quanto aos custos financeiros.

- Propriedade Térmica dos Materiais

Os materiais utilizados nas fachadas determinarão o seu desempenho térmico, influenciando diretamente em sua eficiência energética. Segundo Silva (2006), o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais permite prever qual será a resposta de um edifício as variações externas do clima. Essa análise facilita a escolha de quais materiais se adequam melhor a determinado tipo de ambiente, resultando assim na transferência ideal do fluxo de calor e conseqüentemente no conforto térmico dos usuários.

O aspecto que mais influencia o desempenho térmico dos materiais é a sua capacidade de conduzir o calor, isto é, a condutibilidade térmica. Quanto maior a capacidade de conservação do calor, mais lenta será a troca de temperatura propagada através do material (ROMERO, 2007).

A tabela a seguir mostra a propriedade térmica de alguns materiais, destacando a densidade de massa aparente e a condutibilidade térmica. É importante enfatizar que “quanto maior for a condutibilidade, maior será a quantidade de calor transferida, entre as superfícies, pelo material” (SILVA, 2006, p.89). Em relação a condutividade térmica, os materiais com um índice maior tem mais facilidade de transmitir o calor e, conseqüentemente, tem uma resistência térmica menor.

**TABELA 02:** Propriedade térmica de alguns materiais.

<b>Material</b>	<b>Densidade de Massa Aparente (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Condutividade Térmica (W/(m<sup>2</sup>.K))</b>
<b>Argamassas</b>		
Argamassa Comum	1800-2100	1,15
Argamassa de Gesso	1200	0,70
Argamassa Celular	600-1000	0,40
<b>Cerâmica</b>		
Tijolos e Telhas de Barro	1000-1300	0,70
	1300-1600	0,90
	1600-1800	1,00
	1800-2000	1,05
<b>Fibrocimento</b>		

Placas de Fibrocimento	1800-2200	0,95
	1400-1800	0,65
<b>Concreto (com agregados de pedra)</b>		
Concreto Normal	2200-2400	1,75
Concreto Cavernoso	1700-2100	1,40
<b>Gesso</b>		
Projetado ou de Densidade Massa Aparente Elevada	1100-1300	0,50
Placa de Gesso; Gesso Cartonado	750-1000	0,35
Com Agregado Leve (Vermiculita ou Perlita Expandida) Dosagem Gesso: Agregado = 1:1	700-900	0,30
Com Agregado Leve (Vermiculita ou Perlita Expandida) Dosagem Gesso: Agregado = 1:2	500-700	0,25
<b>Granulados</b>		
Brita ou Seixo	1000-1500	0,70
Argila Expandida	<400	0,16
Areia Seca	1500	0,30
Areia (10% de umidade)	1500	0,93
Areia (20% de umidade)	1500	1,33
Areia Saturada	2500	1,88
<b>Impermeabilizantes</b>		
Membranas Betuminosas	1000-1100	0,23
Asfalto	1600	0,43
	2300	1,15
Betume Asfáltico	1000	0,17
<b>Isolantes Térmicos</b>		
Lã de Rocha	20-200	0,045
Lã de Vidro	10-100	0,045
Poliestireno Expandido Moldado	15-35	0,040
Poliestireno Extrudado	25-40	0,035
Espuma Rígida de Poliuretano	30-40	0,030
<b>Madeira e Derivados</b>		
Madeiras com Densidade de Massa Aparente Elevada	800-1000	0,29
Carvalho, Freijó, Pinho, Cedro, Pinus	600-750	0,23

	450-600	0,15
	300-450	0,12
Aglomerado de Fibras de Madeira (denso)	850-1000	0,29
Aglomerado de Fibras de Madeira (leve)	200-250	0,058
Aglomerado de Partículas de Madeira	650-750	0,17
	550-650	0,14
Placas Prensadas	450-550	0,12
	350-450	0,10
Placas Extrudadas	550-650	0,16
Compensado	450-550	0,15
	350-450	0,10
Aparas de Madeira Aglomerada com Cimento em Fábrica	450-550	0,15
	350-450	0,12
	250-350	0,10
<b>Metais</b>		
Aço, Ferro Fundido	7800	55
Alumínio	2700	230
Cobre	8900	380
Zinco	7100	112
<b>Pedras (incluindo junta de assentamento)</b>		
Granito, Gneisse	2300-2900	3,00
Ardósia, Xisto	2000-2800	2,20
Balsato	2700-3000	1,60
Calcários / Marmore	>2600	2,90
Outras	2300-2600	2,40
	1900-2300	1,40
	1500-1900	1,00
	<1500	0,85
<b>Plásticos</b>		
Borrachas Sintéticas, Poliamidas, Poliesteres, Polietilenos	900-1700	0,40
Polimetacrilicos de Metila (Acrílicos) Policloreto de Vinila (PVC)	1200-1400	0,20
<b>Vidro</b>		
Vidro Comum	2500	1,00
<b>Revestimentos em Alumínio</b>		
Painéis de Alumínio Compostos	<b>Espessura (mm)</b> 3	5,65

	4	5,54
	6	5,54

FONTE: Coelho, 2006.

Com isso é importante analisar as características de todos os materiais utilizados na obra, pois “quanto maior a capacidade de conservar o calor, mais lenta será a troca de temperatura, evitando o aquecimento precoce do ambiente” (SILVA, 2006, p.90). Outro aspecto que se precisa analisar é a reflexão dos materiais. Nas fachadas ensolaradas devem-se evitar materiais de alta refletividade, pois causam ofuscamento e contraste. Na tabela a seguir, observa-se o percentual de reflexão de alguns materiais e de cores.

TABELA 03: Fatores de reflexão de diferentes tipos de materiais e cores.

Materiais	%	Cores	%
asfalto .....	12-15	aço inox .....	55-65
caiação nova .....	85-88	alumínio polido .....	60-80
cantaria .....	25-60	amarelas .....	50-70
cerâmica vermelha .....	30-50	azul .....	10-60
concreto aparente .....	35-55	bege .....	25-75
gesso (branco) .....	90-95	brancas .....	85-95
grama escura .....	6	casca de ovo .....	81-86
livros em estantes .....	10-20	cinzenta .....	25-80
macadam .....	18	claras .....	50-70
madeira clara .....	13	creme .....	60-68
madeira escura .....	7-13	cromo .....	60-90
mármore branco .....	45-55	escuras .....	15-30
nuvens .....	80	espelhos .....	80-90
papel branco .....	80-85	marfim .....	71-77
pedra clara .....	30-50	médias .....	30-50
pedra escura .....	20-35	muito claras .....	50-80
telha de barro moldado .....	20-35	muito escuras .....	0-15
telha em fibro cimento .....	20-30	parda .....	20-65
terra .....	7-20	pérola .....	70-85
tijolo .....	20-45	preta .....	4-8
troncos de árvores .....	3-5	rosa .....	65-80
vegetação (média) .....	25	verde .....	12-60
veludo preto .....	0,2-1	vermelha .....	10-30
vidraça de janela .....	8		

FONTE: Bittencourt, 2003.

Como já foi citado em itens anteriores, nos fechamentos translúcidos é importante analisar a transmissividade do material, levando em consideração também a absorvidade e a refletividade. Esses aspectos determinam a capacidade de transmissão da radiação solar para o ambiente interno. A figura a seguir mostra esses aspectos em alguns vidros utilizados na construção civil.

**TABELA 04:** Comportamento térmico de alguns vidros. Transmissividade do material ( $\sigma$ ), absorptividade ( $\alpha$ ) e refletividade ( $\rho$ ).

Tipo de vidro	$\sigma$	$\alpha$	$\rho$
Comum	0,85	0,07	0,08
Absorvente claro	0,52	0,41	0,07
Absorvente médio	0,31	0,63	0,06
Absorvente escuro	0,09	0,86	0,05
Refletor médio	0,25	0,42	0,33
Refletor escuro	0,11	0,42	0,47

FONTE: Coelho, 2006.

Para que a incidência de radiação solar seja ideal, é necessário proteger ou expor as superfícies conforme o clima local. Como a proposta arquitetônica do presente trabalho será na cidade do Recife, que apresenta altas temperaturas na maioria dos dias do ano, o quadro a seguir mostrará as diretrizes para esse determinado tipo de clima.

**QUADRO 01:** Diretrizes gerais e materiais indicados para locais quentes e frios.

	O QUÊ	Diretrizes	COMO	Materiais indicados	
<b>Climas QUENTES</b>	Evitar os ganhos térmicos e favorecer as perdas	-Proteger as superfícies da radiação direta	Barreiras físicas, como brises, beirais, cobogós, vegetação.	x	
		<b>QUANDO NÃO FOR POSSÍVEL PROTEGER DA RADIAÇÃO DIRETA</b>			
		-Diminuir a absorptividade das superfícies mais expostas	- Utilizar materiais que possuam superfícies com cores claras.	-Tintas claras ( $\alpha = 0,20-0,40$ ) - Reboco claro ( $\alpha = 0,30-0,50$ ) - Telhas claras ou pintadas ( $\alpha = 0,20-0,40$ )	
		-Aumentar a resistência das superfícies mais expostas	- Aumentando a espessura do material ou substituindo por um de menor condutividade	Ver a condutividade dos materiais	
		- Diminuir a resistência das superfícies menos expostas	-Diminuindo a espessura do material ou substituindo por um de maior condutividade	Ver a condutividade dos materiais	

FONTE: Coelho, 2006.

- Exemplos de Materiais Isolantes Térmicos e suas Aplicações

Alguns materiais minimizam os ganhos e as perdas de calor, contribuindo assim para o conforto térmico na edificação, e na redução dos gastos energéticos, principalmente o ar-condicionado. Na construção civil existem alguns que merecem destaques, sobretudo em relação as paredes de vedação, que são um dos principais responsáveis pelo fluxo de calor entre o meio externo e interno.

Um deles é a lã de vidro, que é usado, na construção civil, em paredes duplas, coberturas, pisos flutuantes e no miolo de divisórias. Em sua aplicação, é preciso cuidado para não ter infiltrações na estrutura, pois com o contato com a água e com a umidade, o material se torna ineficiente. Mas quando bem aplicado, esse material contribui para o bom desempenho da edificação, pois além de melhorar o conforto térmico, ele também contribui para a acústica. Além disso, é um material incombustível, evitando a propagação de incêndios, não favorecendo a proliferação de fungos e bactérias e sua capacidade de isolamento não diminui com o passar do tempo. Com isso, a lã de vidro é um dos materiais isolantes mais utilizados no mundo (METÁLICA, 2011).



**FIGURA 03:** Lã de Vidro.

**FONTE:** <http://www.isar.com.br/index.php?/produtos/isolantes-termicos>, 2011.

Outro material isolante térmico é a lã de rocha, que possui aplicabilidade semelhante a lã de vidro, isto é, são usados sob coberturas, sobre forros e entre telhas metálicas, alvenarias e divisórias. Uma das vantagens em relação a lã de vidro é o fato de não reter água, pois possui uma estrutura não capilar. Isso porque ele é fabricado a partir de rochas balsáticas especiais e

outros minerais, que a partir de 1500°C são transformados em filamentos, posteriormente compactados (METÁLICA, 2011).



**FIGURA 04:** Lã de Rocha.

**FONTE:** <http://www.isar.com.br/index.php?/produtos/isolantes-termicos>, 2011.

A espuma de Poliestireno, conhecido como isopor, é outro material que isola termicamente a construção. Nas paredes ele funciona como uma subcobertura. É um material leve, flexível e que são impermeáveis a água e o vapor dela. Tem-se também a espuma de Poliuretano, que são aplicadas principalmente em coberturas, mas pode ser utilizado também em forros, divisórias e paredes internas e externas.



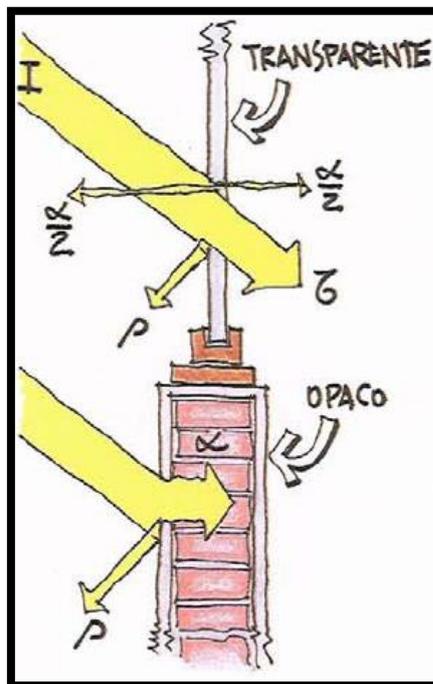
**FIGURA 05:** Poliestireno.

**FONTE:** <http://www.isar.com.br/index.php?/produtos/isolantes-termicos>, 2011.

### *1.1.3.2. Comportamento Térmico dos Fechamentos de Fachadas*

Na arquitetura a principal troca de calor ocorre entre o ambiente externo e interno. Com isso, cabe ao arquiteto resolver os problemas que esse fluxo gera principalmente a radiação solar

que incide diretamente nos materiais das fachadas. Portanto, é fundamental a análise que será feita na edificação distinguindo os tipos de fechamentos em dois: os fechamentos opacos e os transparentes, que, respectivamente, são os que apresentam incapacidade e capacidade maior de transmitir a radiação solar para o interior. Isso demonstra que “estudando os conceitos de transmissão de calor e o comportamento térmico dos fechamentos, o arquiteto poderá dimensionar e especificar corretamente as aberturas e os materiais a serem empregados na obra” (LAMBERTS, 1997, p.56).



**FIGURA 06:** Transmissão da radiação nos fechamentos opacos e transparentes.

**FONTE:** Lamberts, 1997.

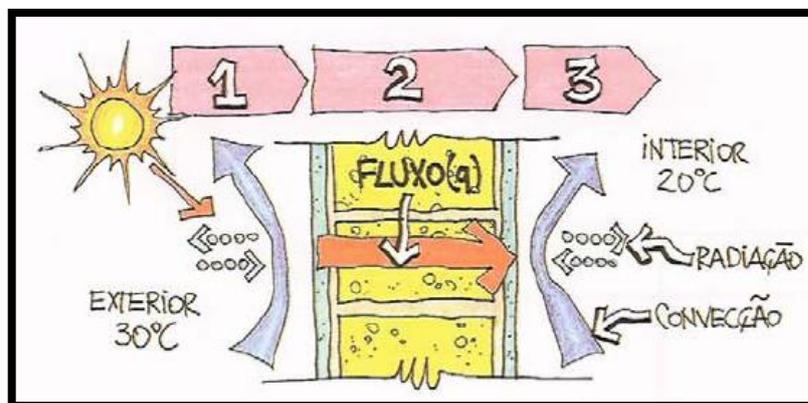
- Fechamentos Opacos

No fechamento opaco, o fluxo de calor ocorre, como já foi citado anteriormente, através da diferenças de temperaturas entre a superfície exterior e a interior. E para que a temperatura percorra da mais quente para a mais fria, Lamberts (1997), divide o fluxo de calor em três fases, ver figura 07, que são: a troca de calor com o meio externo, depois a condução que ocorre através do tipo de fechamento e, por fim, a troca de calor com o meio interno.

A troca de calor do meio externo com a superfície externa ocorrerá através de convecção e de radiação, e que definirá se o calor ou o frio exposto será a absorvidade do material. Os tijolos, por exemplo, apresentam absorvidade média de 0,6, significando que 60% da energia incidente serão absorvidas e 40% refletidas. Absorção e a reflexão acontecem em todos os materiais, mas alguns absorvem mais e outros refletem mais.

Posteriormente que ocorre a troca de calor com o meio externo, acontece a condução através do fechamento. Será fundamental saber a condutibilidade térmica do material utilizado. “Podem-se reduzir consideravelmente as trocas de calor em um fechamento opaco empregando materiais com condutividades mais baixas ou até construindo fechamentos com múltiplas camadas, podendo uma das quais se câmara de ar” (LAMBERTS, 1997, p.58).

Em seguida que o calor é conduzido, ocorre a troca de calor com o meio interno, que acontece de forma semelhante com as trocas iniciais, com o ambiente externo, através de convecção e radiação. A diferença será que a temperatura da superfície interna será maior do que o ar. A partir daí, a temperatura interna irá aumentar ocasionando, na maioria das vezes, o desconforto térmico no interior do ambiente.



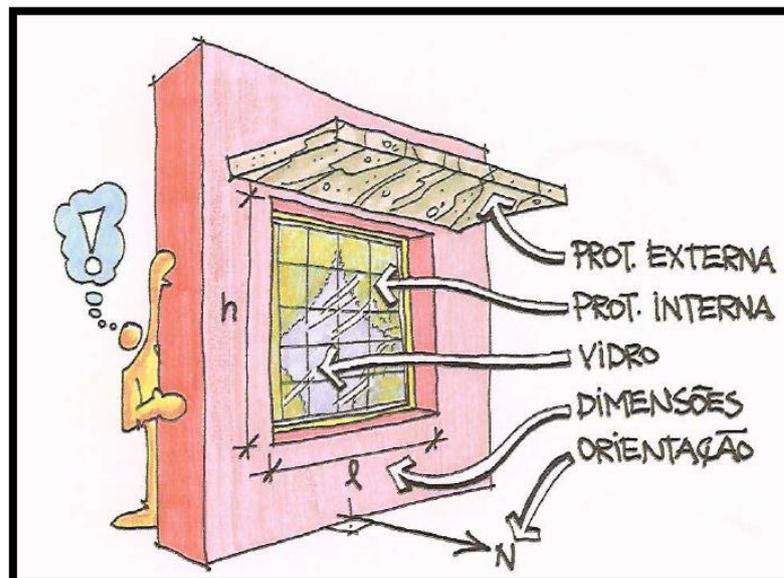
**FIGURA 07:** As três fases de transmissão de calor nos fechamentos opacos.

**FONTE:** Lamberts, 1997.

- Fechamentos Translúcidos

Outra opção são os fechamentos transparentes, que são as janelas, clarabóias ou outros elementos arquitetônicos que permitam a entrada de luz. Nesse tipo de fechamento, as trocas térmicas acontecem através da condução, da convecção e da radiação. A condução e convecção ocorrem de maneira semelhante aos fechamentos opacos, a diferença é que nos transparentes podem ter as possibilidades de trocas de ar, apenas pelo fato de abrir as janelas. Nota-se que a radiação é o principal problema desse tipo dos fechamentos transparentes, pois a incidência solar atinge diretamente o interior da edificação, aquecendo-o, e se a edificação estiver totalmente fechada ocorrerá o efeito estufa. Para evitar isso, é fundamental a análise do tamanho ideal da abertura, o tipo de vidro e a possibilidade de proteções solares de uso interno ou externo.

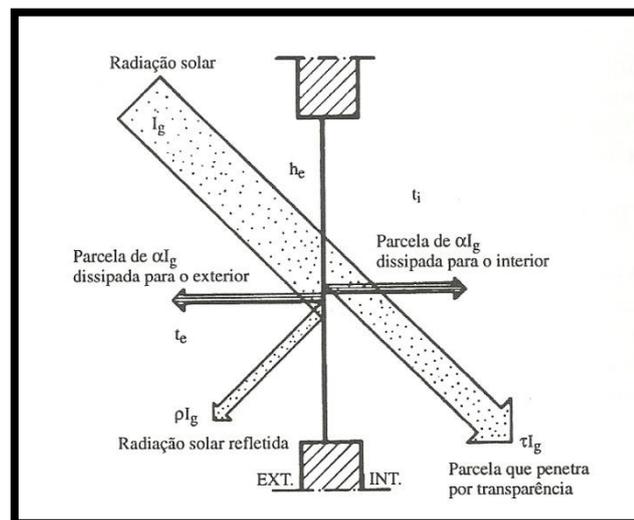
A exposição do ambiente interno em relação ao sol será determinada pelo tamanho da sua abertura e sua orientação em relação a ele, ver figura 08. “Quanto maior uma abertura, maior a quantidade de calor que pode entrar ou sair do ambiente” (LAMBERTS, 1997, p.65). Além disso, é importante definir uma abertura que permita, também, uma iluminação natural satisfatória, necessitando menos da iluminação artificial. Com isso, deve-se levar em consideração tanto a luz quanto o calor que incidirá no ambiente interno da edificação.



**FIGURA 08:** Variáveis da abertura.

**FONTE:** Lamberts, 1997.

Ao se escolher o tipo de vidro ideal para a edificação, o principal aspecto que precisa ser controlado é a radiação solar. Dependendo do contexto em que está inserido, cabe ao arquiteto permitir ou bloquear a luz natural, o ganho e as perdas de calor e o contato visual entre o interior e o exterior. Quando a radiação solar incide no vidro, ela pode ser absorvida, refletida ou transmitida para o interior. O que define esses fatores é justamente o tipo de vidro utilizado. O que é absorvido se converte em calor no interior do vidro, que pode ser transmitida para o exterior ou para o interior. Já a radiação refletida é definida pelo ângulo de incidência, isso porque se ele for maior a parte refletida também será. E, por fim, uma parte da radiação é transmitida diretamente para o interior do ambiente.



**FIGURA 09:** Fluxo de calor em fechamentos translúcidos.

**FONTE:** Frota, 2003.

Segundo Lamberts (1997) os vidros mais usados na construção civil são os vidros simples (transparentes), vidro verde, vidros absorventes (fumês), vidros reflexivos e laminados, os de baixa emissividade (low-e) e os plásticos. Os vidros simples são os mais utilizados no Brasil, pelo seu baixo custo e pela sua disponibilidade, mas é o que mais causa o efeito estufa dentro das edificações. Isso porque a radiação consegue entrar, mas não consegue sair.

Os vidros verdes são levemente pigmentados, o que dificulta a incidência da onda curta, isso porque ele tem boa absorção. Os vidros ou películas absorventes têm como objetivo a diminuição da onda curta, que são as infravermelhas, mas como são vidros escuros a

iluminação natural é prejudicada. As películas e vidros reflexivos apresentam aparências com espelhos, isso porque eles são compostos de uma camada metálica em um substrato transparente. Esse tipo de vidro pode prejudicar a entrada de luz natural no ambiente, e também não emite para o ambiente externo as radiações geradas pelos objetos aquecidos, que estão no interior da edificação.

Finalmente, os plásticos, como o acrílico e o policarbonato, permitem a boa entrada de luz natural e a radiação solar (onda curta) e permite também a saída da radiação proveniente do interior da edificação (onda longa), reduzindo assim o efeito estufa, contribuindo para a perda de calor para o exterior.

Em relação as novas tecnologias disponíveis no mercado, destaca-se os vidros insulados. Eles aproveitam o máximo a entrada da iluminação natural no interior da edificação, mas bloqueando o calor proveniente da radiação solar. Os vidros insulados permitem a combinação de propriedades diferentes, aproveitando a característica de cada uma, como o monolítico, laminados ou temperados, incolores ou coloridos, refletivos e os de baixa emissividade (BRAZILGLASS, 2011).



**FIGURA 10:** Vidro Insulado.

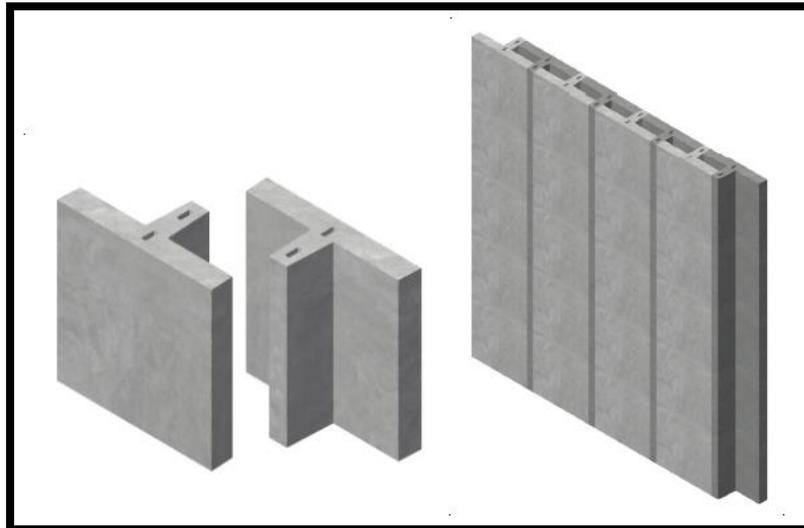
**FONTE:** BrazilGlass, 2011.

- Exemplos de Protetores Solares

Também é comum o uso de proteções solares, mas deve-se fazer um pré-dimensionamento para que se diminua a incidência solar direta, mas que também não prejudique a iluminação natural. Segundo Lamberts (1997), esse tipo de proteção, quando bem empregado contribui consideravelmente contra o efeito estufa no interior da edificação, isso porque ela bloqueia a radiação direta no vidro.

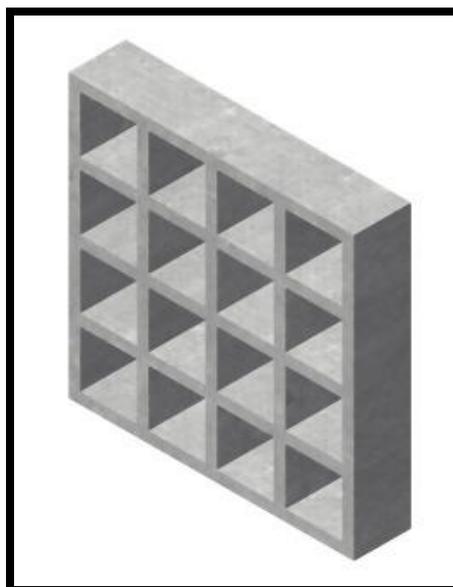
Os elementos vazados são comuns, principalmente na região nordeste do Brasil. Com as propostas modernistas, que visavam a adaptação dos princípios de Le Corbusier com as condições regionalistas, surgiram elementos que protegiam a edificação do sol, mas permitindo a ventilação. Esse fenômeno, que teve grande destaque no estado de Pernambuco, foi posto em prática, sobretudo pelos arquitetos Acácio Gil Borsoi, Delfim Amorim, Mário Russo e Luiz Nunes. Esses arquitetos “adaptaram princípios modernistas da escola carioca e do modernismo europeu as construções da região levando em consideração as condições climáticas” (MOREIRA, 2007, p.07).

A partir dessa necessidade surgiram no próprio estado de Pernambuco, blocos vazados que eram empilhados uns sobre os outros, conhecidos como cobogós, ver figura 11. Deste então, esses elementos se tornaram ideais para a região tropical, pois permitem uma boa proteção da radiação solar, proporcionando assim o conforto dos usuários. Primeiramente seu formato era mais robusto, feito de blocos de argamassa que eram encaixados. Posteriormente, os cobogós adquiriram menor espessura e vazaduras maiores, permitindo melhor a entrada da ventilação (SILVA, 2008, p.44).



**FIGURA 11:** Primeiro modelo de Cobogó, criado por Coimbra, Boeckmann e Góes.

**FONTE:** Silva, 2008.



**FIGURA 12:** Segundo modelo de Cobogó.

**FONTE:** Silva, 2008.

Com isso, é comum a presença desse elemento em algumas edificações do Recife, cuja cidade apresenta um clima quente e úmido, necessitando de ambientes bem arejados. Os arquitetos com esta consciência começaram a projetar utilizando os cobogós em fechamentos de terraços, fachadas com maior incidência de sol, guarda-corpos de varandas e também em áreas de escadas.



**FIGURA 13:** Cobogós utilizado em escadas.

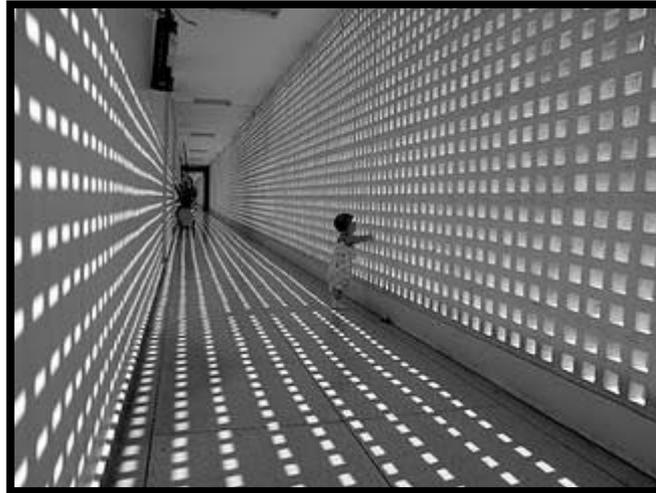
**FONTE:** Silva, 2008.



**FIGURA 14:** Cobogós utilizado em fachadas.

**FONTE:** [http://debaixodobloco.blogspot.com/2010\\_08\\_01\\_archive.html](http://debaixodobloco.blogspot.com/2010_08_01_archive.html), 2011.

O cobogó tem uma grande influência no consumo de energia da edificação, pois com eles determinam o desempenho e o dimensionamento do uso do ar-condicionado e da iluminação artificial, além de proporcionar conforto ambiental aos usuários. Mas para que os elementos sejam aliados da eficiência energética é preciso dimensionar suas aberturas de acordo com a orientação solar em que está exposta, além de especificar o material de composição adequado, pois é um fator termicamente significativo.



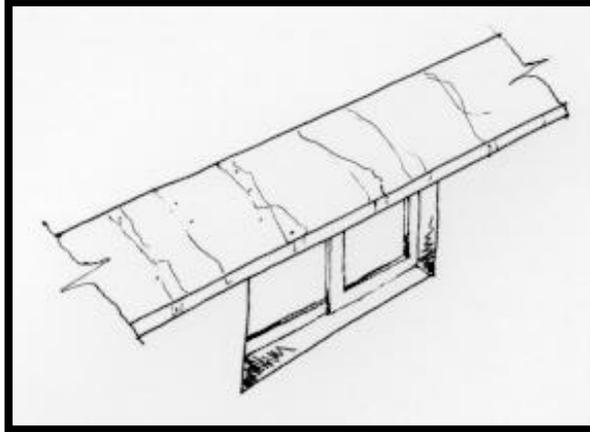
**FIGURA 15:** Efeito causado pelos cobogós em corredores.

**FONTE:** <http://www.arquitortura.blogspot.com/2011/02/volta-dos-cobogos.html>, 2011.

Portanto, os elementos vazados “podem desempenhar importante papel na arquitetura em locais de clima quente-úmido o qual se constitui como uma solução inteligente de proteção solar” (BITTENCOURT, 2000 apud MADUREIRA, 2010, p.39), mas permitindo ainda a entrada de luz natural e da ventilação

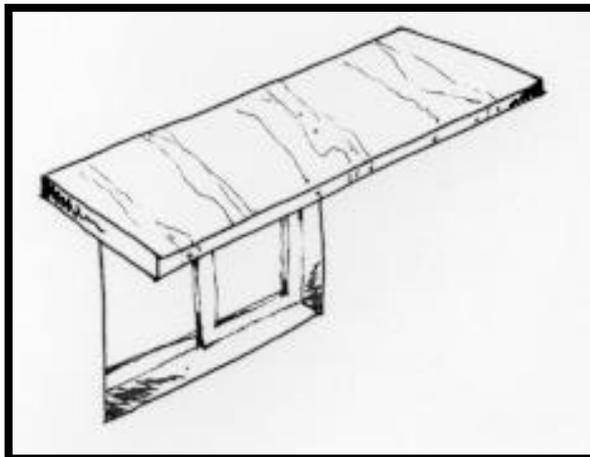
Outro tipo de protetores solares são os brises. Eles impedem “a entrada de raios solares no interior do ambiente durante as horas do dia e os meses do ano em que se deseja esta proteção” (MARINOSKI, 2007, p.56). Com isso, o uso dos brises será eficiente se eles impedirem a entrada de raios solares no período desejado. De um modo geral, podem-se utilizar os brises de três formas. São eles os horizontais, os verticais e os mistos.

Os brises horizontais protegem a edificação dos raios solares de acordo com o ângulo de altitude solar.



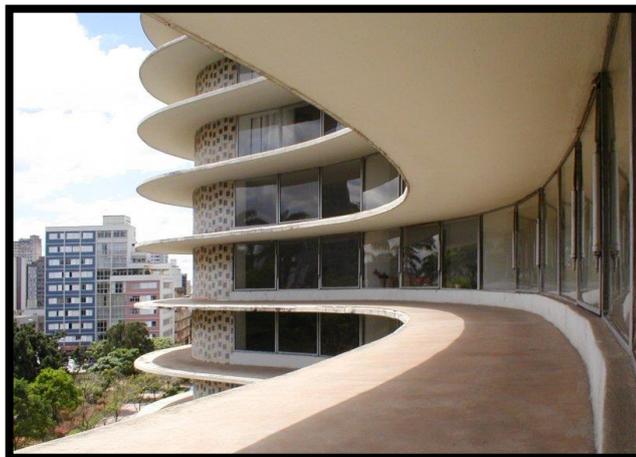
**FIGURA 16:** Brises horizontais infinitos.

**FONTE:** Marinoski, 2007.



**FIGURA 17:** Brises horizontais finitos.

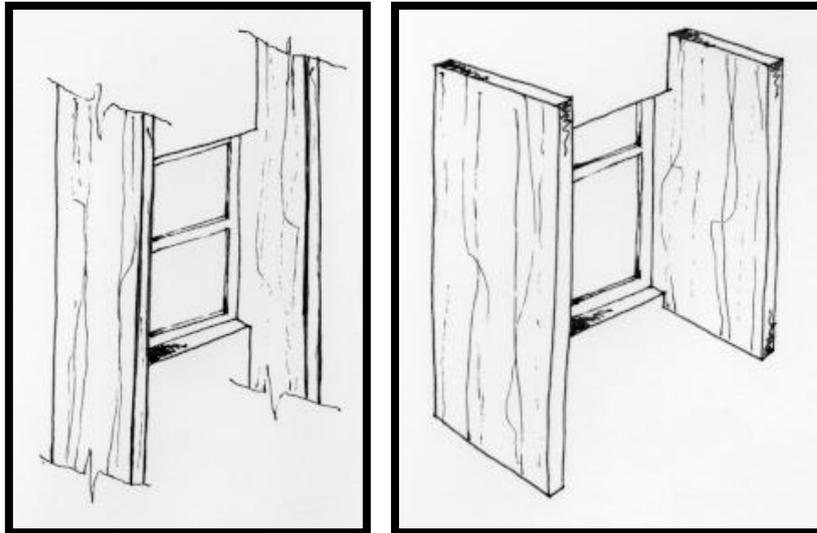
**FONTE:** Marinoski, 2007.



**FIGURA 18:** Edifício Niemeyer, em Belo Horizonte (brises horizontais).

**FONTE:** <http://ovo.arq.br/?cat=3>, 2011.

Os brises verticais protegem a entrada dos raios solares de acordo com o ângulo de azimute solar.



**FIGURA 19 e 20:** Brises verticais infinitos e finitos.

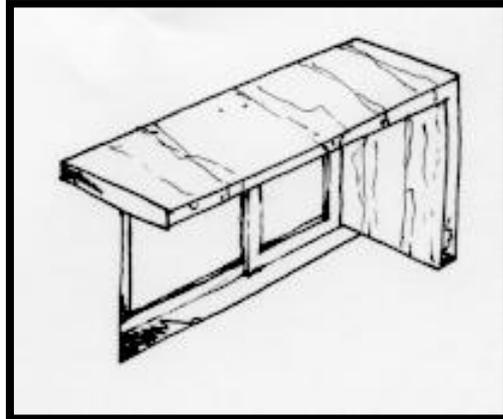
**FONTE:** Marinoski, 2007.



**FIGURA 21:** Brises horizontais.

**FONTE:** <http://loftdeideias.blogspot.com/>, 2011.

Dependendo da situação, podem-se usar os brises mistos, que é a utilização dos verticais e horizontais.



**FIGURA 22:** Brises mistos.

**FONTE:** Marinoski, 2007.



**FIGURA 23:** Palácio Gustavo Capanema, Rio de Janeiro (brises mistos).

**FONTE:** Marinoski, 2007.

## 1.2. INICIATIVAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE PARA EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

### 1.2.1. Contexto Internacional

No contexto internacional, a preocupação com os aspectos energéticos, ambientais e de conforto para os usuários teve início antes mesmo das certificações de edifícios sustentáveis, que adquiriu maior atenção apenas na primeira década do século XXI. Isso aconteceu principalmente nos países europeus, onde houve as primeiras regulamentações de desempenho térmico e energético.

Essas regulamentações se iniciaram após a crise do petróleo, primeiramente nos países Escandinavos, em 1973. Mas elas se restringiam apenas ao isolamento térmico das edificações. Com isso, surgiu em 1973, na Alemanha, a primeira norma que se deteve ao desempenho térmico, qualificada como a Lei de Economia de Energia. A partir dessas primeiras normas:

Iniciativas posteriores foram tornando-se mais exigentes, incluindo aspectos relacionados a taxa de ventilação dos edifícios, a eficiência de sistemas de condicionamento ambiental (para aquecimento, refrigeração e ventilação dos edifícios), a eficiência de sistemas de iluminação artificial, e, mais recentemente, abandonando requisitos de conforto térmico para os usuários além de indicar métodos de cálculos a serem usadas pelos projetistas no aprimoramento dos projetos (MARCONDES, 2010, p. 36).

Com essas normas e regulamentações que estavam sendo aplicadas na Europa, houve a necessidade de novos materiais que contribuíssem para a sustentabilidade dos edifícios. Além disso, tanto a produção quanto a utilização desses materiais deveriam se enquadrar nas metas de redução do consumo de energia e na emissão de CO<sub>2</sub>, definidas no Protocolo de Kyoto. Isso impulsionou o estudo e a produção de novos materiais e de novas tecnologias construtivas, a fim de atender as novas exigências. Como essa conscientização ocorreu inicialmente nos países do hemisfério norte, principalmente os países europeus e os Estados Unidos da América (EUA), foram eles que criaram as certificações verdes, e conseqüentemente os principais edifícios certificados. Essa busca pela certificação, como já foi dito em itens anteriores, além de melhorar a relação entre o ambiente construído e o meio ambiente, valorizam os edifícios no mercado.

Os edifícios europeus adotaram soluções que priorizaram a ventilação natural, abandonando várias vezes a referência tipológica de um edifício totalmente fechado de vidro. Isso foi adquirido a partir de estratégias e elementos que foram aplicados principalmente na fase de elaboração dos projetos. Como conseqüência das primeiras leis de eficiência energética, é na Alemanha que se concentram os principais edifícios que utilizaram esses métodos, principalmente em cidades como Frankfurt e Berlin. Na maioria dos edifícios de escritórios dos EUA, “constata-se a baixa probabilidade de se encontrar edifícios incorporando a ventilação natural” (MARCONDES, 2010, p.37). Com isso, os norte-americanos adotaram soluções tecnológicas, mantendo a tipologia dos seus edifícios, com os imponentes panos de

vidros. Para isso eles especificam para suas obras equipamentos mais eficientes, vidros diferenciados nas fachadas e elementos tecnológicos que geram energia limpa, como por exemplo, as células fotovoltaicas, seguindo as recomendações das certificações.

Outros países, como Austrália e Japão, também foram pioneiros, incorporando sistemas eficientes energeticamente, de ventilação natural e de conforto aos usuários. Mas para que as edificações fossem eficientes, elas não copiavam os modelos europeus e norte-americanos, mas adequaram as suas características urbanas, climáticas, econômicas e sociais, apresentando uma liberdade arquitetônica, de acordo com esses aspectos locais.

### 1.2.2. Contexto Brasileiro

No Brasil a maioria dos edifícios de escritórios está localizada nas cidades de São Paulo e Rio de Janeiro, pois se destacam como centros econômicos e populacionais. São Paulo se destaca ainda mais, sendo uma das principais cidades da América Latina. Com isso, importantes empresas se instalam nessas cidades, resultando assim em um grande aglomerado de edifícios empresariais.

Na cidade de São Paulo, a produção desses edifícios se iniciou entre a década de 1930 e 1960, na qual se tinha uma preocupação climática, com a presença de elementos vazados e brises, que permitiam a ventilação natural e protegiam da radiação solar. Além disso, a área dos pavimentos era menor, facilitando ainda mais o controle da ventilação e da iluminação. Mas a partir da década de 1980 os edifícios brasileiros, com reflexo imediato na cidade de São Paulo, começam a se distanciar das preocupações com o desempenho térmico e conseqüentemente o conforto térmico dos usuários. Estava-se assim começando a reprodução de edifícios se baseando nos modelos norte-americanos (GONÇALVES, 2003).

Os edifícios passaram a operar com sistemas de condicionamento e iluminação artificial por quase todo o período de ocupação, com conseqüências diretas na eficiência energética. Dados desses edifícios indicam que cerca de 70% do consumo de energia final é atribuída aos sistemas de condicionamento de ar e iluminação artificial (GONÇALVES & ROMERO, 2001 apud MARCONDES, 2010).

A maioria dos novos edifícios empresariais foram projetados e construídos praticamente por escritórios de arquitetura e engenharia estrangeiros (MARCONDES, 2010). Isso evidencia que os projetos eram importados, sem levar em consideração os aspectos locais. A partir daí, as edificações não apresentaram mais janelas operantes, funcionando apenas como aberturas para a entrada da iluminação natural. Com os novos projetos apresentando plantas-baixa com layouts livres, com áreas variando de 600m<sup>2</sup> até cerca de 2200m<sup>2</sup>, o alcance da iluminação natural a todo o pavimento ficou mais difícil. Além de eliminar a maioria dos elementos construtivos, utilizados anteriormente, houve um esquecimento ao estudo da orientação de edificação em relação ao sol, além das fachadas serem compostas praticamente por vidros, independente do contexto climático onde esteja inserida. “Sugerem o padrão de uma arquitetura globalizada importada, por estratégia de vendas ou para seguir uma tendência dos tempos atuais, sem a preocupação com as variáveis climáticas e os impactos ao ambiente construído” (ANDRADE, 2005, p.87).

A elaboração do projeto do envelope do edifício de escritórios com falta de critérios de desempenho térmico pode ser enfatizada como um fator de influência para ampla adoção do sistema de condicionamento de ar nos ambientes internos. Destacam-se os materiais empregados, com excesso de superfícies transparentes, e principalmente a falta de preocupação com a orientação das fachadas, frequentemente resultando num maior ganho de calor (MARCONDES, 2010, p.64).

A partir da segunda metade da década de 2000, o Brasil teve um grande crescimento econômico, e paralelamente a esse crescimento houve um aumento na demanda de novas edificações para abrigar as novas empresas que vieram ao país, e as crescentes empresas já instaladas. Com isso, houve uma grande exigência dessas empresas por edificações de “alto padrão”, e um dos requisitos foi a sustentabilidade ambiental. Portanto, surgiu um aquecimento do mercado imobiliário, onde a tendência de certificação ambiental se tornou de fundamental importância para uma edificação de qualidade. Um grupo francês, Havas, mostrou que 48% dos brasileiros estariam dispostos a pagar até 10% mais por um produto sustentável (Revista Arquitetura e Construção, 2010).

### 1.2.3. Legislação Energética dos Edifícios Brasileiros

O Brasil necessita de uma legislação eficaz que obrigue os edifícios a seguirem as recomendações de eficiência energética. Existem ações que solicitam, de forma voluntária, a regulamentações dos edifícios.

A primeira preocupação do governo brasileiro aconteceu com a criação da Regulamentação para Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviço e Públicos, em 2006 (MARCONDES, 2010). O processo de regulamentação se iniciou em 2001, com a crise energética que afetou todo o país, acarretando em várias campanhas para o racionamento elétrico. A partir daí começou a necessidade de se implantar uma legislação que definisse parâmetros para uma edificação eficiente energeticamente.

A primeira iniciativa efetiva no âmbito de legislações instituídas para promover a eficiência energética no país surgiu como consequência da crise de energia de 2001, quando foi sancionada a Lei Nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que “dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia” (BRASIL, 2001a). O artigo 4º desta lei afirma que “o Poder Executivo desenvolverá mecanismos que promovam a eficiência energética nas edificações construídas no País”. Dois meses depois a regulamentação foi publicada sob forma do Decreto 4.059 de 19 de dezembro de 2001, indicando, no artigo 1º, que “os níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, (...), bem como as edificações construídas, serão estabelecidos com base em indicadores técnicos e regulamentação específica (...)” (BRASIL, 2001b). No decreto, fica instituído o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, composto por representantes do Ministério de Minas e Energia; Ministério de Ciência e Tecnologia; Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior, além de representantes da Agência Nacional de Energia Elétrica; Agência Nacional do Petróleo, e um representante de universidade brasileira e um cidadão brasileiro, ambos especializados em matéria de energia. No âmbito desse decreto, cria-se o Grupo Técnico para Eficientização de Energia nas Edificações no País (LAMBERTS, 2007, p.1022).

Logo após, em 2009, foi criada um condicionamento nacional para as regulamentações de certificados, conhecido como Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais, de Serviços e Públicos, onde apresenta caráter voluntário, mas segue para caráter obrigatório para as edificações comerciais no Brasil em um período máximo de cinco anos após a sua promulgação, que está prevista para 2012 (MME, 2009 apud MARCONDES, 2010, p.75).

A implantação desse sistema de regulamentação visa eficiência energética a partir de três requisitos, que são o sistema de iluminação, o de condicionamento de ar e, por fim, o desempenho térmico dos materiais que envolvem o edifício. Para isso, é necessário mudanças na maneira de projetar, executar e se manter a edificação, ou seja, é necessária a conscientização de arquitetos, engenheiros e dos usuários.

Portanto, no Brasil a regulamentação que teve como fator primordial a crise energética de 2001, está encaminhando para uma legislação mais eficaz, que torna em médio prazo a expectativa de uma produção obrigatória de edifícios de escritórios energeticamente.

## ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE

### **CAPITULO 2 – ANÁLISE DOS EDIFÍCIOS EMPRESARIAIS**

Este capítulo analisará projetos arquitetônicos que têm características semelhantes ao que se pretende apresentar na proposta deste trabalho. Foram escolhidos três edifícios de escritórios para a realização dos estudos de casos.

A primeira edificação estudada é o Edifício JCPM Trade Center, situado no bairro do Pina, em Recife. Foi destacado por ser uma construção recente na cidade, se preocupando com a eficiência energética nas suas fachadas, a partir das especificações dos materiais. O segundo estudo de caso corresponde ao Edifício institucional da SUDENE, situado no bairro do Engenho do Meio, também na cidade do Recife. Destaca-se a presença de elementos protetores solares, contribuindo para a iluminação e ventilação natural no interior do prédio. O terceiro e último estudo de caso, é do Edifício Cidade Nova, na cidade no Rio de Janeiro, onde se evidencia a utilização de fachadas com dupla pele de vidro.

A análise desses edifícios servirá como base para a concepção e elaboração do partido arquitetônico, para a proposta deste trabalho. Além disso, ajudará na escolha dos detalhes construtivos e dos elementos arquitetônicos das fachadas, que contribuem para a eficiência energética.

#### **2.1. EDIFÍCIO JCPM TRADE CENTER, NO RECIFE**

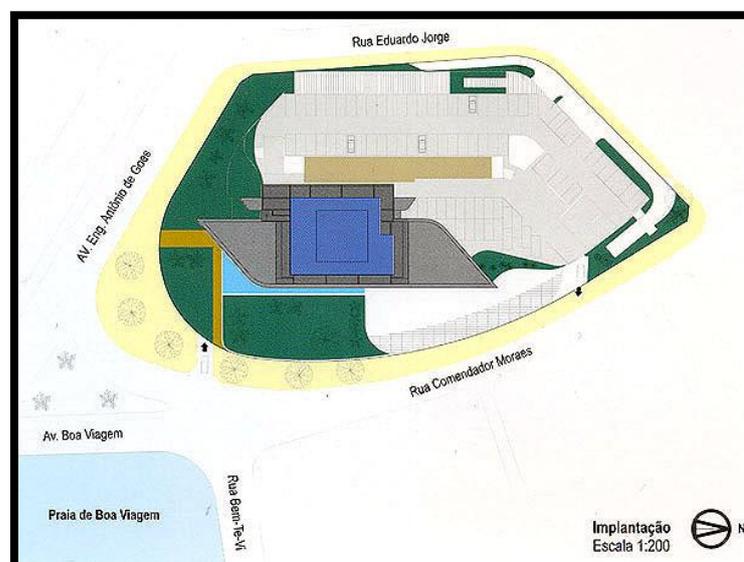
O edifício JCPM Trade Center foi projetado pelo escritório JCL Arquitetos, composto principalmente pelos arquitetos Jerônimo da Cunha Lima e Viviane Mendonça. Estes arquitetos já apresentam experiências de construção de alguns edifícios empresariais na cidade do Recife, como por exemplo, o edifício Empresarial Center III próximo ao Shopping Recife, e o Empresarial Excelsior, na Avenida Conselheiro Aguiar. Além de edifícios empresariais, o arquiteto é responsável por outros edifícios de grande impacto na cidade, como por exemplo, as duas torres residenciais da construtora Moura Dubeux no Cais de Santa Rita.



**FIGURA 24:** Edifício JCPM Trade Center.

**FONTE:** <http://www2.uol.com.br/JC/sites/trade/arquitetura.htm>, 2011.

O projeto do edifício se iniciou no ano de 2001, sendo inaugurado em setembro de 2006. Ele está localizado no bairro do Pina, na zona sul da cidade do Recife. Como forma arquitetônica, o JCPM se apresenta como um paralelogramo, com leves curvas nos ângulos obtusos. De um modo geral, as fachadas que são orientadas para o nascente são compostas por panos de vidros, e as fachadas orientadas para o poente são compostas de fechamentos opacos. A edificação, que tem vinte pavimentos, é destinada a ocupação de médias e grandes empresas nacionais e internacionais.



**FIGURA 25:** Implantação do Edifício JCPM Trade Center.

**FONTE:** <http://www2.uol.com.br/JC/sites/trade/arquitetura.htm>, 2011.

Conforme citado anteriormente, a edificação está localizada no bairro do Pina, mais especificamente entre o final da Avenida Boa Viagem e o início da Avenida Engenheiro Antônio de Góes. A presença desta edificação, nesta última avenida, classifica ainda mais esta área como o novo pólo empresarial da cidade. Um dos principais atrativos desta avenida é o fato de ser equidistante entre o bairro de Boa Viagem e o centro do Recife, além de ser um importante corredor viário. Isto resulta o surgimento de vários edifícios empresariais no entorno do JCPM Trade Center. É visível o destaque da edificação em relação ao seu entorno, isto porque ao norte as construções apresentam baixo gabarito, e ao leste tem-se o mar.



**FIGURA 26:** Entorno do Edifício JCPM Trade Center.

**FONTE:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=254170>, 2011.

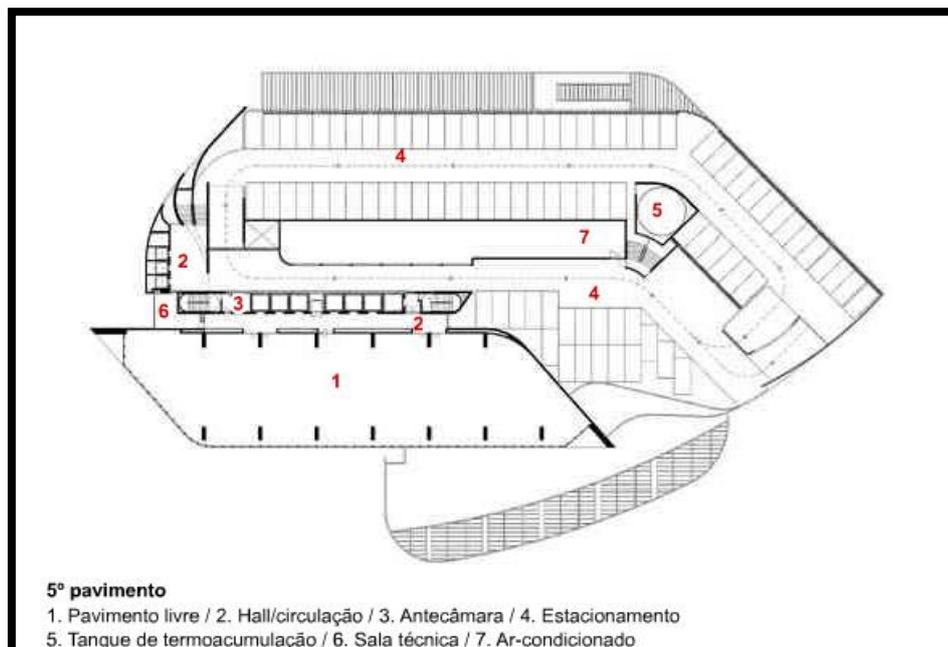
A edificação está inserida no contexto histórico da arquitetura contemporânea, onde segue alguns padrões de edifícios comerciais com grandes panos de vidros em suas fachadas. É perceptível o uso desse tipo de material, dando grandiosidade a edificação. Assim, o uso do vidro é praticamente visto como padrão para edificações de escritórios, e isto não é diferente no JCPM. Com isso, os arquitetos seguiram, neste projeto, uma tendência tanto estética quanto ideológica, que relaciona os grandes panos de vidros com os empresariais, resultando assim na imponência que eles transmitem.



**FIGURA 27:** Imponência causada pelos vidros.

**FONTE:** <http://www2.uol.com.br/JC/sites/trade/arquitetura.htm>, 2011.

Como programa arquitetônico, a edificação apresenta como itens principais: heliponto, restaurante, auditório, sala de convenções, recepção e o pavimento livre. Neste pavimento livre, tem-se uma área de aproximadamente 800 metros quadrados, que pode ser ocupado por até cinco empresas diferentes. Isto porque os empresários ao adquirirem um pavimento, ele pode dividi-lo como desejar, resultando na flexibilidade de planta.



**FIGURA 28:** Pavimento tipo.

**FONTE:** <http://www.arcoweb.com.br>, 2011.

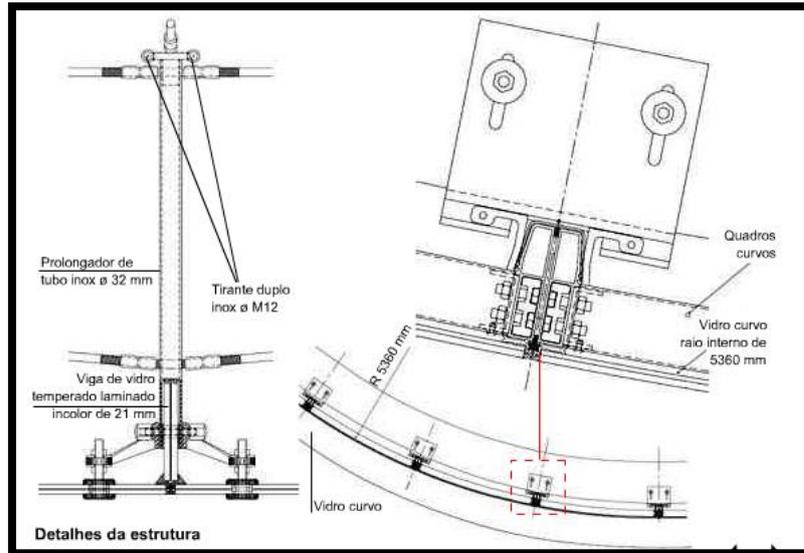
Em relação a insolação, o arquiteto posicionou no lado para o poente toda a área de circulação vertical, funcionando assim como um anteparo ao calor. No edifício-garagem, utiliza-se brises verticais para proteger da intensa insolação da tarde. Já em relação ao nascente, a área é livre para a instalação dos escritórios. Mas, como já citado, ele propôs uma fachada predominantemente composta de vidros, o que resultou em especificações técnicas para que a insolação não prejudicasse o bom funcionamento energético, e não comprometesse o conforto térmico dos usuários.



**FIGURA 29 e 30:** Fachadas voltadas para o nascente e para o poente.

**FONTE:** Google Earth, 2011.

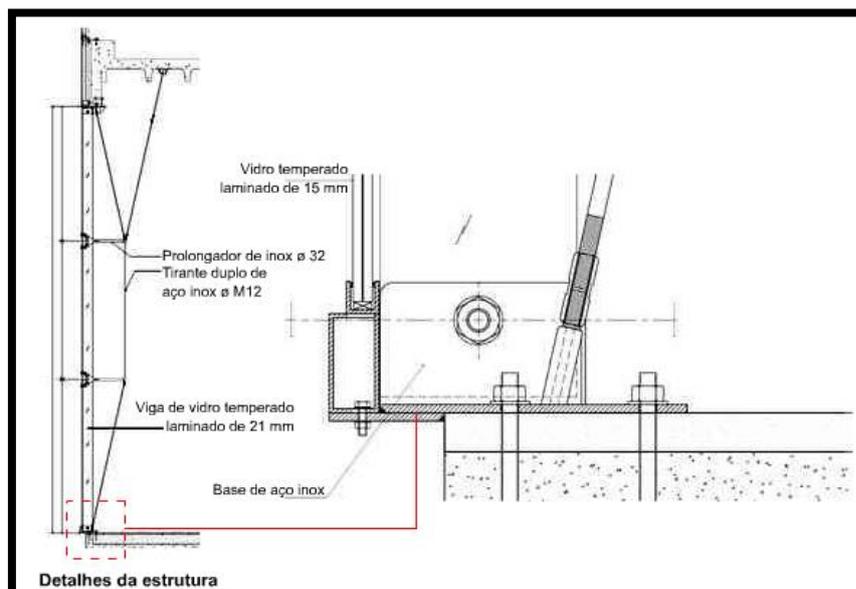
Para que os usuários tivessem vista para o mar, mas com a proteção dos raios solares, foram utilizados vidros laminados Stopsol verdes, executados pela empresa Avec Design. Segundo a empresa que produziu o vidro, a Glaverbel, ele fornece proteção contra raios UV, além de diminuir também o ofuscamento, assegurando assim o conforto ótico, e consequentemente diminuindo a radiação emitida para o ambiente urbano pelos reflexos desses raios solares. Além disso, o vidro Stopsol permite privacidade no interior do edifício, diminuindo a visibilidade de fora para dentro. Segundo o site arcoweb, os vidros tanto os planos quanto os curvos, são suavemente reflexivos, apresentando no térreo uma espessura de 14 milímetros, e nos demais pavimentos, espessura de 10 milímetros.



**FIGURA 31:** Detalhe da fixação dos vidros planos e curvos.

**FONTE:** www.arcoweb.com.br, 2011.

Para dar mais resistência ao vidro, foram utilizados silicões HTV (High Temperature Vulcanization), que é aplicado no seu perímetro. Para fixar o vidro a estrutura do prédio, foram usadas ancoragens de alumínio de liga estrutural 6351 T6 e chumbadores químicos de aço inoxidável, que foram instalados no interior da fachada. Para que os elementos da fachada fossem eficazes, ela foi ensaiada nas câmaras de testes do Instituto Tecnológico da Construção Civil (ITEC), na cidade de São Paulo (ARCOWEB,2011).



**FIGURA 32:** Fixação da esquadria na estrutura do edifício.

**FONTE:** www.arcoweb.com.br, 2011.



**FIGURA 33 e 34:** Estrutura de fixação da esquadria, no térreo e no pavimento tipo.

**FONTE:** [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br), 2011.

Portanto, para atender as exigências do mercado, e conseqüentemente apresentarem sistemas eficientes, os arquitetos propuseram as mais elaboradas tecnologias de especificação de materiais, com o objetivo de reduzir os custos de operação. E para conseguirem este objetivo, além de procurarem a ideal especificação de materiais, eles se preocuparam na correta automatização e gerenciamento do edifício. Para isso, ele utilizou sistemas elétricos que economizassem energia, sistema eficaz de ar-condicionado, segurança contra incêndio, flexibilidade no uso da planta, entre outros sistemas modernos, que proporcionam ao edifício qualidade técnica, conforto aos usuários e operação diferenciada.

## 2.2. EDIFÍCIO DA SUDENE, NO RECIFE

O edifício institucional da SUDENE foi projetado pelo arquiteto Maurício Castro e seus colaboradores. Segundo a revista AU, esse arquiteto se formou na primeira turma do curso de arquitetura da Escola de Belas Artes do Recife. Assim, Castro foi um dos responsáveis pela consolidação da arquitetura moderna na cidade. Entre outros edifícios projetados, destaca-se o

edifício da Chesf e a Biblioteca Pública do Estado de Pernambuco. A característica principal das obras de Maurício Castro se encontra nas soluções de fechamentos e no emprego de materiais compatíveis com o clima local (OLIVEIRA, 2008).

O edifício foi projetado em 1968, localiza-se no bairro do Engenho do Meio, zona oeste do Recife. Como forma arquitetônica, a edificação é composta de dois volumes, que são ligados por uma torre central, na qual se encontra a maioria dos elevadores e a escada principal. O prédio apresenta treze pavimentos, além do subsolo e do térreo, que é estruturado em pilotis. De um modo geral, as fachadas que são orientadas para o nascente, são compostas por esquadrias com vidros e por brises, e as fachadas orientadas para o poente, são compostas por cobogós.



**FIGURA 35:** Edifício SUDENE.

**FONTE:** Acervo Laboratório da Paisagem UFPE.

A edificação está inserida no contexto histórico da arquitetura moderna pernambucana, onde se tem uma preocupação com alguns fatores, como “as condições climáticas, o programa, a solução estrutural e construtiva do edifício, o zoneamento funcional e o sistema de pré-fabricação” (REVISTA AU, 2011). A partir daí, Castro desenvolveu na edificação sua linha racionalista, onde houve uma preocupação para que a estrutura fosse modulada e independente, com os detalhes construtivos e o uso de materiais, sempre explorando a qualidade plástica (OLIVEIRA, 2008).

Conforme citado anteriormente, a edificação está localizada no bairro do Engenho do Meio, mais especificamente entre a Praça Ministro João Gonçalves de Souza e a Rodovia BR-101.

No seu entorno, verifica-se a presença de vegetações envolvendo toda a edificação, além de um espelho d'água ao norte. Nota-se também a ausência de edificações de alto gabarito no seu entorno, exceto o hospital das clínicas, mas que não interfere na iluminação e ventilação natural do prédio.

Na fachada oeste, portanto a mais ensolarada, a composição é feita por elementos vazados pré-fabricados em concreto, os cobogós. Eles permitem a ventilação natural dos espaços interiores, além de proteger a forte insolação da tarde. Nesta fachada, têm-se também outro tipo de vedação, que são as paredes opacas que, por sua vez, são revestidas com cerâmicas.



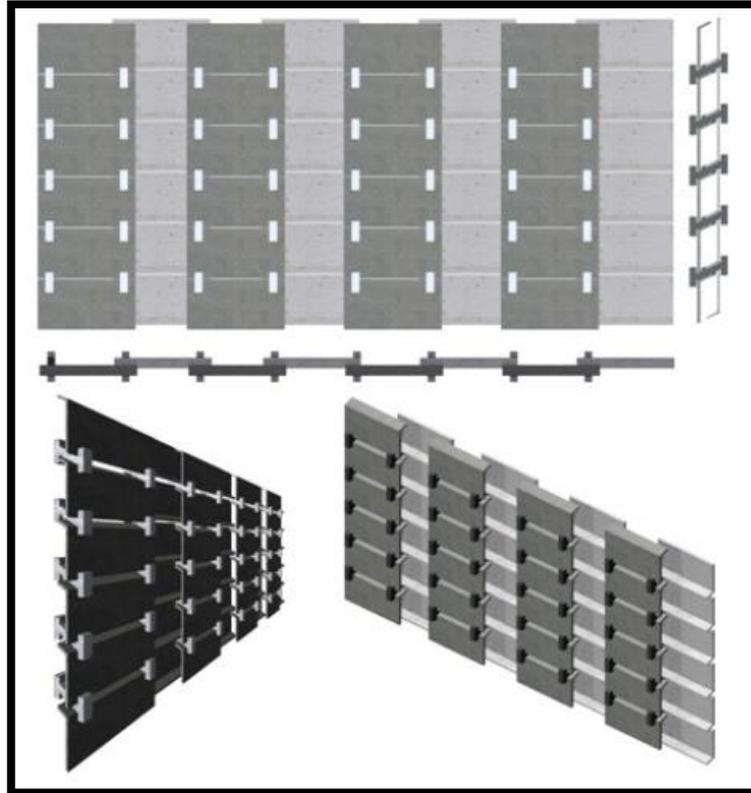
**FIGURA 36:** Vista da fachada oeste do Edifício da SUDENE.

**FONTE:** Autor, 2011.



**FIGURA 37:** Cobogós na fachada oeste do Edifício da SUDENE.

**FONTE:** Autor, 2011.



**FIGURA 38:** Vistas dos elementos vazados, na fachada oeste do Edifício da SUDENE.

**FONTE:** Silva, 2007.

Na fachada leste, a orientada para o nascente, a composição é feita por janelas de vidros e brises, pré-fabricados de concreto, que as emolduram, protegendo-as da incidência dos raios solares. Isso proporciona mais conforto no interior da edificação, pois como a radiação de onda curta não incide totalmente nos vidros das esquadrias, diminuindo o “efeito estufa”. É nesta fachada onde o recebimento de ventilação é maior, pois a incidência dos ventos vindo da direção nordeste e sudeste acontece nela. Além disso, o fato de não apresentar edificações de grande porte no seu entorno a ventilação é ainda mais favorável. Mas para que o uso do vento seja mais eficaz no interior do prédio, é preciso que se abram as portas dos escritórios, dando acesso ao corredor, isso porque são os cobogós que protegem os corredores.



**FIGURA 39 e 40:** Vista da fachada leste do Edifício da SUDENE.

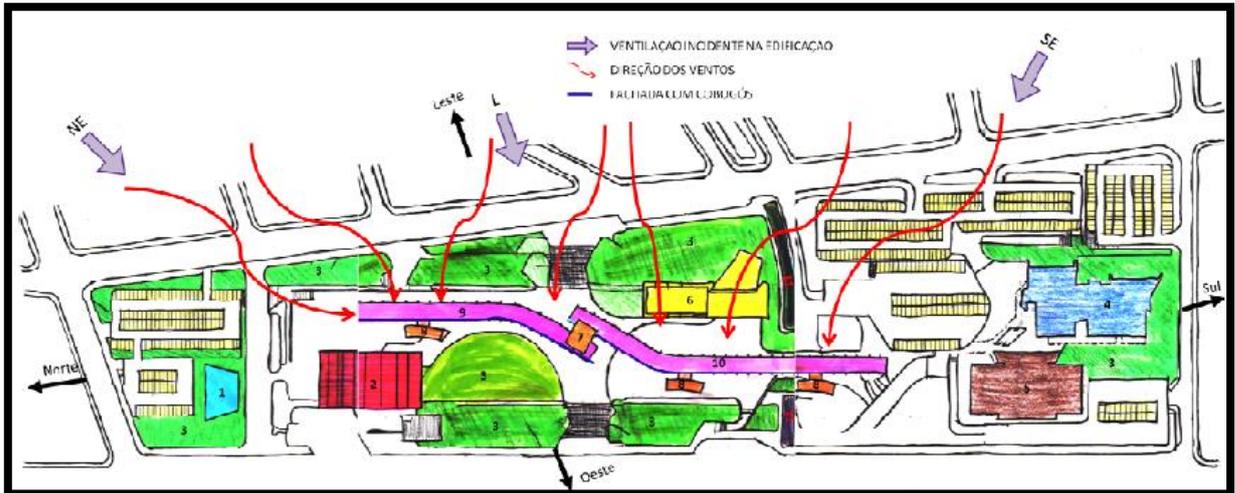
**FONTE:** Autor, 2011.



**FIGURA 41:** Elementos protetores na fachada leste do Edifício da SUDENE.

**FONTE:** Autor, 2011.

Por não apresentar obstruções no seu entorno e também pelas técnicas utilizadas pelo arquiteto, o edifício apresenta uma boa ventilação natural. Com isso, reduz-se a necessidade do uso do ar-condicionado, diminuindo o consumo da energia elétrica e, conseqüentemente, contribuindo para a eficiência energética na edificação.



**FIGURA 42:** Incidência de Ventilação no Edifício da SUDENE.

**FONTE:** Silva, 2007.

### 2.3. EDIFÍCIO CIDADE NOVA, NO RIO DE JANEIRO

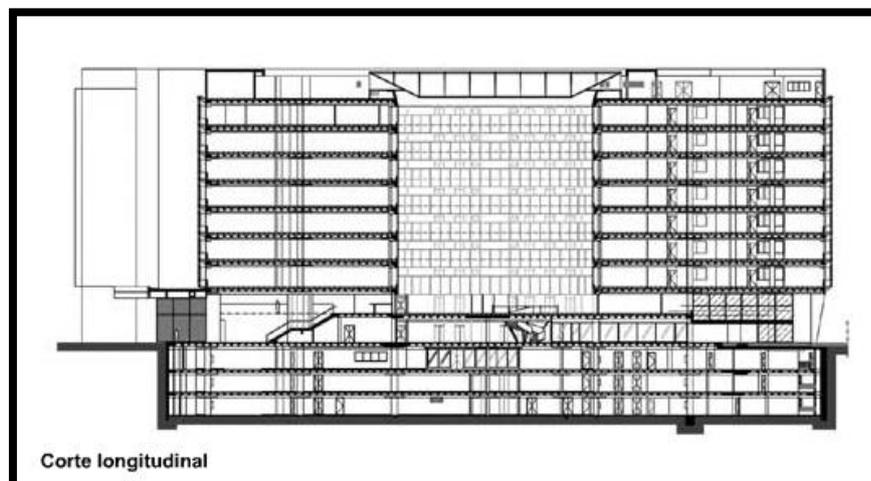
O Edifício Cidade Nova foi projetado pelo escritório RRA Arquitetura, liderado pelo arquiteto Ruy Resende, atendendo a solicitação da empresa Petrobrás, que instalou o seu setor de recursos humanos. Este escritório intensificou seus trabalhos a partir de 1999, com o objetivo de reduzir os impactos causados pela construção civil. Além desse edifício, o arquiteto produziu outros de destaques, como a sede da Telecine e a sede da Justiça Federal, ambos no Rio de Janeiro.



**FIGURA 43:** Vista da fachada sudoeste do Edifício Cidade Nova.

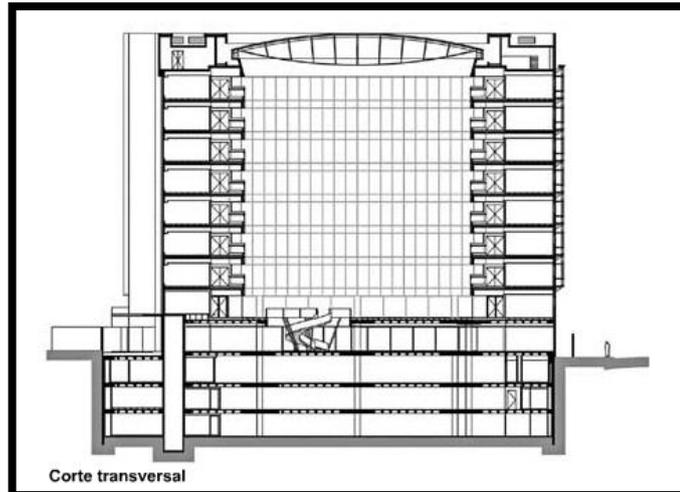
**FONTE:** Marcondes, 2010.

Apresentando área de 52 mil metros quadrados, a construção do edifício foi finalizada em janeiro de 2008. Está localizado no bairro Cidade Nova, região central da cidade do Rio de Janeiro. Como forma arquitetônica, o edifício é composto por dois blocos, interligado por um átrio, que é protegido por uma clarabóia. De um modo geral, as fachadas são compostas tanto por fechamentos opacos, quanto pelos transparentes. Nos fechamentos transparentes, destaca-se a aplicação de dupla pele de vidro, com o objetivo de evitar a entrada de calor. A edificação apresenta treze pavimentos, sendo que destes três são no subsolo.



**FIGURA 44:** Corte Longitudinal.

**FONTE:** <http://www.arcoweb.com.br>, 2011.



**FIGURA 45:** Corte Transversal.

**FONTE:** <http://www.arcoweb.com.br>, 2011.

Conforme citado anteriormente, a edificação está localizada no bairro Cidade Nova, mais especificamente entre a Rua Neri Pinheiro e a Rua Julio do Carmo. O edifício está situado em uma área privilegiada, no aspecto a infra-estrutura de serviços e transportes, isso porque o prédio está a menos de um quilômetro da Estação Central do Brasil, e a distância para duas estações não ultrapassam os 350 metros (PROJETO DESIGN, 2008). Neste bairro também está localizada a sede da Prefeitura do Rio de Janeiro, a sede dos Correios e a CEDAE (Cia. de águas do Rio de Janeiro). Em relação a algumas edificações do seu entorno, o Edifício Cidade Nova apresenta um gabarito relativamente baixo.



**FIGURA 46:** Edifício Cidade Nova e seu entorno.

**FONTE:** <http://www.arcoweb.com.br>, 2011.

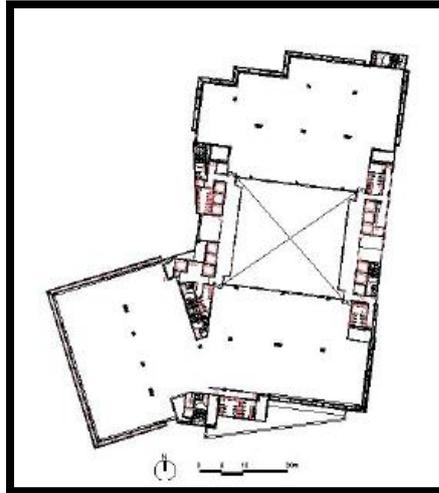
A edificação está inserida no contexto histórico da arquitetura moderna, com destaque nas questões sustentáveis, como seu objetivo principal. Como característica comum dos edifícios de escritórios, o Cidade Nova é composto por cerca de dez mil metros quadrados de áreas envidraçadas. Devido a corretas especificações de materiais, técnicas construtivas e eficaz projeto arquitetônico, a edificação se tornou, em outubro de 2008, o primeiro prédio sustentável certificado pelo LEED no Estado do Rio de Janeiro e o primeiro Core & Shell da América Latina.



**FIGURA 47:** Primeiro prédio certificado pelo LEED no Estado do Rio de Janeiro.

**FONTE:** <http://www.revistainfra.com.br/textos.asp?codigo=10286>, 2011.

Como programa arquitetônico, a edificação apresenta como itens principais as áreas corporativas, um auditório, lojas, fitness center e um restaurante, com sua cozinha. Como já citado, sua forma é a junção de dois retângulos, que resulta em seis fachadas, além de implicar também em 4000m<sup>2</sup> de área piso, que por sua vez compensa a pouca quantidade de pavimentos. A grande área da edificação resultaria em ambientes menos iluminados, acarretando ao alto consumo elétrico em iluminação artificial. Para evitar isso, os arquitetos criaram um átrio interno de 900m<sup>2</sup>, com cobertura de vidro, possibilitando mais um acesso a iluminação natural. A clarabóia, que é composta por vidros laminados de dez milímetros, apresenta em sua estrutura uma persiana, que é acionada por sistema automatizado, em caso de necessidade de sombreamento.



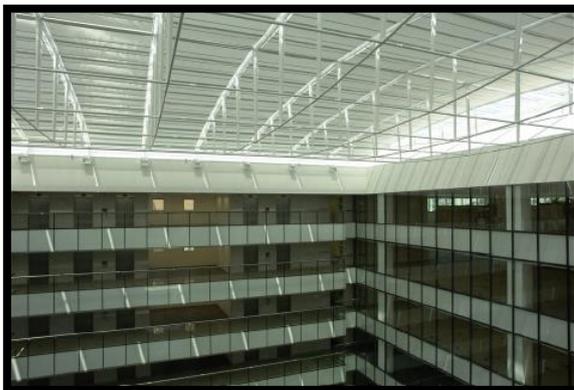
**FIGURA 48:** Planta-baixa do pavimento tipo do Edifício Cidade Nova.

**FONTE:** Marcondes, 2010.



**FIGURA 49:** Átrio no interior da edificação.

**FONTE:** <http://www.revistainfra.com.br/textos.asp?codigo=10286>, 2011.



**FIGURA 50 e 51:** Vista da cobertura do átrio do Edifício Cidade Nova, com e sem persianas.

**FONTE:** Marcondes, 2010.

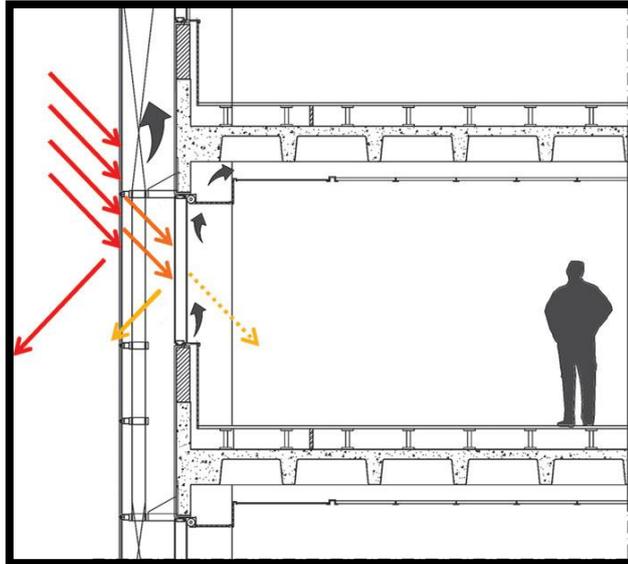
Um dos principais destaques do edifício é a solução inovadora das fachadas. Seguindo o exemplo de algumas edificações européias, os arquitetos propuseram uma fachada dupla ventilada, que era composta de dois vidros afastados sessenta centímetros um dos outro. Isso fez com que o edifício fosse o primeiro exemplar brasileiro a adquirir esta solução, que tem como objetivo permitir o acesso da iluminação natural, ao mesmo tempo em que reduz os ganhos de radiação solar. Esta segunda pele de vidro, que conforme Marcondes (2010, p.74) é composta de um laminado verde de dez milímetros de espessura e revestida com uma película de baixa emissividade, é aberto em seu topo e sua base, ocorrendo assim o fluxo de ventilação. Segundo Ruy Resende, de quatro joules que entram pelo primeiro vidro, dois são devolvidos a atmosfera, dois passam para o segundo espaço e, desses, somente um passa para o ambiente interno (PINIWEB, 2011). Para contribuir com esse objetivo, o arquiteto utilizou vidros de baixa emissividade, os Low-e.

Conceitualmente, a camada de ar conformada pela cavidade de uma fachada dupla ventilada vai se aquecendo com a incidência de radiação solar através da segunda pele de vidro e, por diferença de pressão, tende a subir, conformando um fluxo de ar. Dependendo de cada contexto específico, tal fluxo pode reduzir a temperatura superficial da primeira pele, reduzindo, como consequência, a transferência de calor para o ambiente interno (MARCONDES, 2004 apud MARCONDES, 2010, p.74).



**FIGURA 52:** Fachada dupla ventilada com detalhe da abertura inferior para ventilação.

**FONTE:** Marcondes, 2010.



**FIGURA 53:** Corte esquemático da fachada dos escritórios.

**FONTE:** [www.arcoweb.com.br](http://www.arcoweb.com.br), 2011.

O controle solar ocorre apenas pela especificação dos vidros utilizados, não apresentando elementos de proteção solar, consequência dos edifícios produzidos na Europa. Além disso, as janelas do prédio não se abrem, gerando a ventilação, pois o intuito é de aprimorar a eficiência energética do sistema de ar condicionado. (REZENDE, 2008). Mesmo assim, deveria haver uma solução de ventilação natural, pois no Rio de Janeiro, “uma arquitetura concebida para ter muita ventilação natural possibilitará conforto térmico em 61% das horas do ano, que representa (...) a arquitetura carioca a quase total independência de ar condicionado” (LAMBERTS, 1997, p.124 e 125), isso porque o desconforto da cidade é de 64% das horas do ano.



**FIGURA 54 e 55:** Vista da fachada norte e nordeste do Edifício Cidade Nova.

**FONTE:** Marcondes, 2010.

Mas, apenas com as soluções já citadas anteriormente, o desempenho do edifício Cidade Nova em relação aos outros edifícios convencionais, resultou na economia de 50% da energia consumida pelo sistema de ar-condicionado, principalmente pela inclusão da segunda pele de vidro. Houve também uma redução de 30% da energia total produzida pelo edifício (IBIDEM apud MARCONDES, 2010, p.75).

#### 2.4. ANÁLISE COMPARATIVA

Depois dos estudos realizados nas três edificações, tem-se a necessidade de uma comparação entre eles, no intuito de extrair os fatores mais relevantes para a aquisição de um edifício que contenha fachadas eficientes energeticamente.

O primeiro estudo de caso, o JCPM Trade Center, se localiza em Recife, próximo de onde será realizada a proposta final deste trabalho, ou seja, no bairro do Pina. O outro estudo de caso, o Edifício Institucional da SUDENE, também está em Recife. Ambos se inserem no contexto climático, definido pelo IBGE, de Tropical Nordeste Oriental. O terceiro estudo de

caso, o Edifício Cidade Nova, está situado na cidade do Rio de Janeiro, onde se enquadra no clima Tropical Brasil Central. Mesmo com a diferença de latitude entre os dois primeiros estudos de casos (Latitude 8°), em relação ao último estudo (Latitude 22°), eles apresentam características comuns.

Em relação ao contexto histórico no qual os edifícios estão inseridos, classifica-se o Edifício da SUDENE na Arquitetura Moderna. Os outros dois estudos de casos, produções do século XXI, caracterizam-se arquitetonicamente como pertencentes a Arquitetura Contemporânea.

No momento da construção do Edifício da SUDENE, tinha-se uma grande preocupação com o uso da ventilação e iluminação natural. Isso impulsionou a utilização dos elementos vazados, compondo as fachadas. Isso contribuiu para a independência do uso do ar-condicionado, deixando-o optativo, acarretando na economia de energia. As outras duas edificações, o JCPM e o Cidade Nova, apresentam uma preocupação maior com as corretas especificações dos materiais das fachadas, colaborando assim no ideal funcionamento do sistema de ar-condicionado. No Edifício Cidade Nova, tem-se uma colaboração a mais para a eficiência energética, que é o uso da dupla fachada ventilada, diminuindo a entrada de ondas curtas no interior da edificação, e conseqüentemente evitando o “efeito estufa”.

Em seguida, apresenta-se um quadro comparativo com as principais informações dos estudos de casos, resultantes das análises verificadas em relação a contribuição das fachadas para a obtenção da eficiência energética em edifícios de escritórios.

**QUADRO 02:** Análise Comparativa.

Análise	JCPM Trade Center	SUDENE	Cidade Nova
Localização	Recife/PE	Recife/PE	Rio de Janeiro/PE
Contexto Climático	Tropical Nordeste Oriental	Tropical Nordeste Oriental	Tropical Brasil Central
Contexto Histórico	Arquitetura Contemporânea	Arquitetura Moderna	Arquitetura Contemporânea
Nº de Pavimentos	Vinte Pavimentos	Quinze Pavimentos (Um no Subsolo)	Treze Pavimentos (Três são no Subsolo)
Tipos de Ocupações	Aluguel para Várias	Institucional	Uso Privado de uma

	<b>Empresas</b>	<b>(Governo Federal)</b>	<b>Única Empresa</b>
<b>Tipos de Vidros</b>	<b>Vidros Laminados Stopsol Verdes</b>	<b>Vidros Absorventes</b>	<b>Vidros de Baixa Emissividade</b>
<b>Uso da Ventilação Natural</b>	<b>Baixa</b>	<b>Alta</b>	<b>Baixa</b>
<b>Dependência do Ar- Condicionado</b>	<b>Alta</b>	<b>Baixa</b>	<b>Alta</b>
<b>Uso da Iluminação Natural</b>	<b>Alta</b>	<b>Alta</b>	<b>Alta</b>
<b>Utilização de Cobogós</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Fachada Oeste</b>	<b>Inexistente</b>
<b>Utilização de Brises</b>	<b>Fachada Poente (Estacionamento)</b>	<b>Fachada Leste</b>	<b>Inexistente</b>
<b>Fachada Dupla Ventilada</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Existente</b>
<b>Certificação Sustentável</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Inexistente</b>	<b>Existente</b>

**FONTE:** Autor, 2011.

Portanto, no JCPM e no Cidade Nova, há um baixo uso da ventilação natural, pois se procura a eficiência energética através da correta especificação dos elementos das fachadas, de novas soluções construtivas, resultando no eficaz uso do ar-condicionado. Já o edifício da SUDENE, utiliza técnicas da Arquitetura Moderna Pernambucana, onde há uma utilização de elementos protetores solares, diminuindo a radiação solar no interior da edificação, mas permitindo a entrada de luz e vento dentro do prédio.

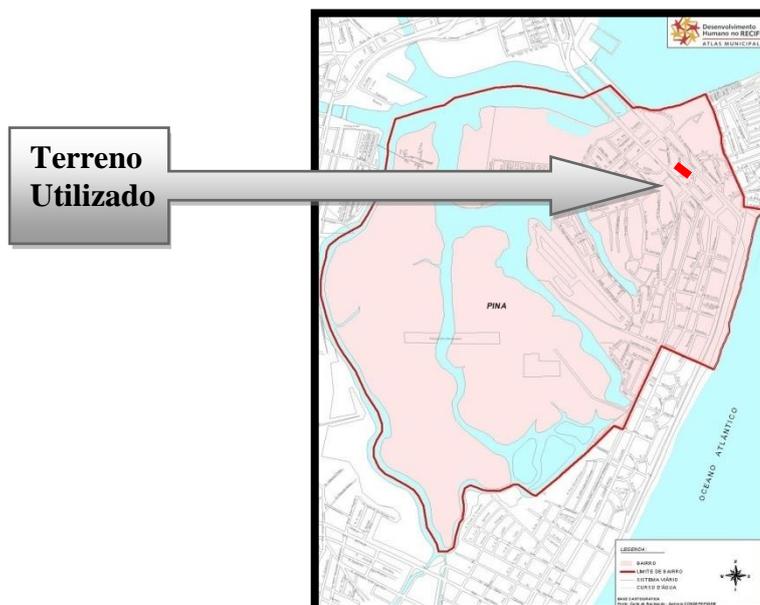
## ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE

### CAPITULO 3 – ANÁLISE DO TERRENO E SEU ENTORNO

Este capítulo iniciará abordando historicamente o bairro do Pina, onde está localizado o terreno escolhido. Serão mostrados os fatores que impulsionaram o crescimento do bairro. Posteriormente, tem-se a indicação da localização do terreno escolhido para a proposta deste trabalho, além de contextualizá-lo no ambiente urbano da cidade do Recife, e no ambiente climático brasileiro. Analisam-se, também, alguns aspectos que influenciam diretamente no uso do terreno, que são a insolação e a direção dos ventos. E, por fim, será exposta a legislação construtiva definida, pela Prefeitura do Recife, para a área.

#### 3.1 HISTÓRICO E EVOLUÇÃO DO BAIRRO

O terreno que receberá a proposta deste trabalho se situa no bairro do Pina. Este bairro, por sua vez, está localizado na zona sul da cidade, fazendo limite com ao norte com o bairro do Cabanga, ao nordeste com Brasília Teimosa, ao sul com Boa Viagem, ao leste com o Oceano Atlântico e ao oeste com o bairro da Imbiribeira.

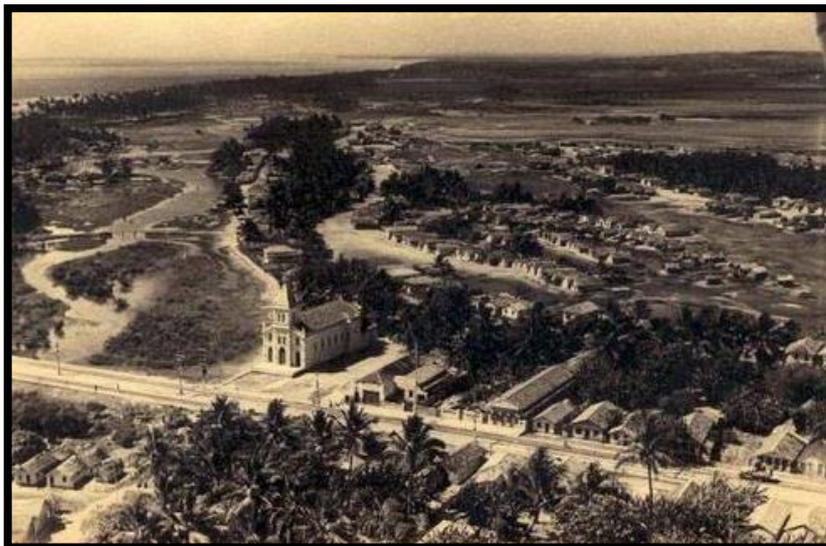


**FIGURA 56:** Limite do bairro do Pina.

**FONTE:** Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife, 2005.

O bairro surgiu numa ilha, na qual havia um sítio de propriedade do capitão André Gomes Pina, originando assim o nome do bairro. Esta ilha foi ocupada por holandeses, no ano de 1645, e ali foi construída uma fortaleza, chamado de Belo Forte. Também nesta ilha, se tinha uma barreta, isto é, uma barra pequena, onde se transportava açúcar e outras mercadorias através de barcos. Com isso, o forte ficou conhecido como Forte Barreta. Com as melhorias que houve no porto do Recife, a barreta foi fechada e o forte não existe mais. O acesso do centro do Recife ao Pina era feito apenas pelos barcos até o ano de 1920, quando se inaugurou a primeira ponte ligando esses bairros (Pernambuco de a-z, 2011).

Após a inauguração da primeira ponte que ligou o Pina ao centro, foi criada a Avenida Herculano Bandeira, que finalizou sua construção em 1926. Nesse período, no início do século XX, o bairro estava perdendo seu valor, isto porque o primeiro sistema de esgotamento da cidade terminava justamente na praia do Pina, que até então mais era visitada por famílias de posse da cidade (ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO RECIFE, 2005).



**FIGURA 57:** Pina, anos 40 (atual Avenida Herculano Bandeira).

**FONTE:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1103073>, 2011.



**FIGURA 58:** Pina, anos 50 (atual Avenida Boa Viagem).

**FONTE:** <http://www.skyscrapercity.com/showthread.php?t=1103073>, 2011.



**FIGURA 59:** Banhistas na Pina.

**FONTE:** <http://www.pernambucoimortal.com>, 2011.

Em 1953, a primeira ponte deu lugar foi reformada, recebendo o nome de Herculano Bandeira, e conhecida hoje como ponte Engenheiro Antônio de Góes. Em 1978, foi inaugurada a segunda ponte, conhecida como Governador Paulo Guerra (JC Online, 2011).

No século XX, a cidade que já crescia em direção a zona sul, a partir da construção da Ponte do Pina, tem sua expansão impulsionada para essa região, tendo a praia o seu maior atrativo como aprazível atributo natural. Grandes vias são alargadas e novas avenidas construídas que vêm dar respaldo as novas atividades que ali passam a se instalar, criando-se uma nova polaridade, um novo centro dinâmico de comércio e serviços (ATLAS DO DESENVOLVIMENTO HUMANO DO RECIFE, 2005).



**FIGURA 60:** Construção da Ponte Governador Paulo Guerra.

**FONTE:** [www.retratoempretoebianco.com.br](http://www.retratoempretoebianco.com.br), 2011.



**FIGURA 61:** Ponte do Pina (atual Ponte Governador Paulo Guerra).

**FONTE:** <http://pernambucoimortal.com>, 2011.



**FIGURA 62:** Ponte Governador Paulo Guerra.

**FONTE:** <http://noticias.recife.pe.gov.br>, 2011.

Importantes edificações surgiram no bairro, que se expandiu através de aterros de mangues e áreas alagada. Tem-se como exemplo de importantes edificações o Aeroclube de Pernambuco, a Estação Radio Pina, o Teatro Barreto Junior e o Convento de São Félix. Já no final da década de 1980, o bairro se tornou em um dos mais festivos da cidade, com vários bares e restaurantes, ficando conhecido como Pólo Pina (Prefeitura do Recife, 2011).

Segundo o site da Prefeitura do Recife, o bairro integra a 6ª Região Político-Administrativa do Recife (RPA-06), que engloba oito bairros da zona sul do Recife. O Pina é caracterizado pela grande desigualdade social, onde se constata a presença de vários edifícios de luxo, comerciais e residenciais, e também de vários assentamentos populares. Segundo o Censo de 2000, o bairro que tem 616 hectares de área, apresentava uma população de 27.422 habitantes, resultando numa densidade demográfica de 44,52 habitantes por hectares.

### 3.2 LOCALIZAÇÃO E CONTEXTUALIZAÇÃO DO TERRENO

O lugar onde será feita a proposta do presente trabalho, se situa no bairro do Pina, na zona sul do Recife. O terreno se localiza entre a Avenida Engenheiro Antônio de Góes, a Rua Manuel de Coriolano e a Rua Caraçatuba. Em relação as coordenadas geográficas, ele está na latitude 8°05' sul, na longitude 34°53' oeste e altitude de seis metros (Google Earth, 2011).

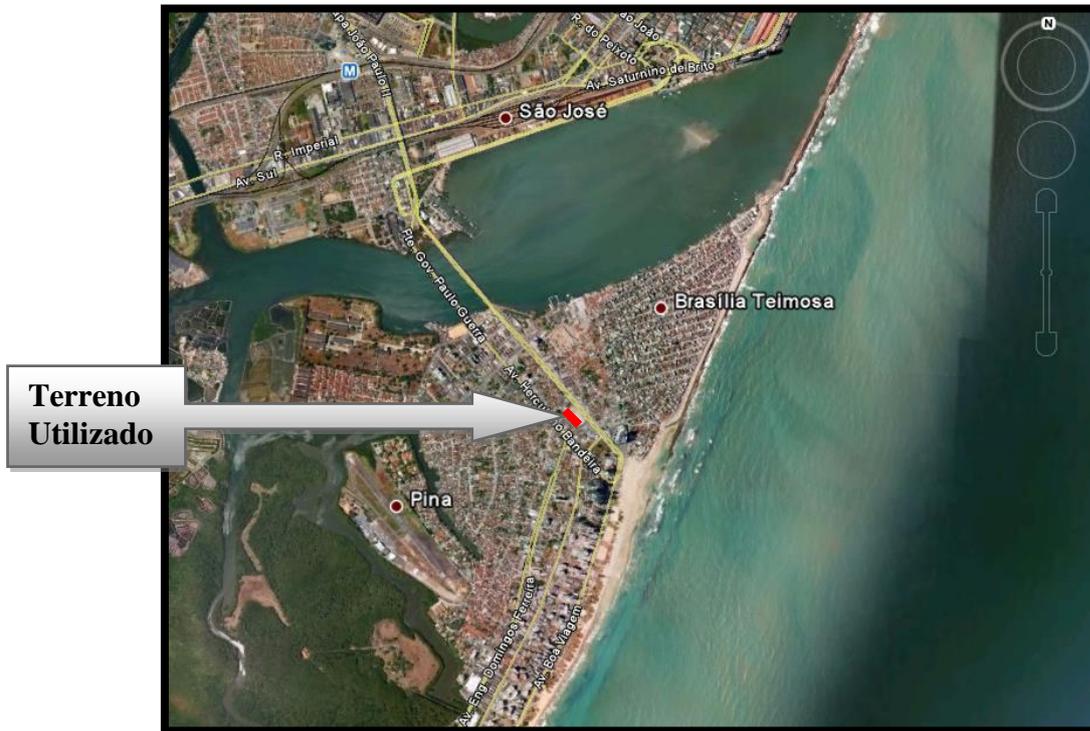


FIGURA 63: Terreno e seu entorno.

FONTE: Google Earth, 2011.

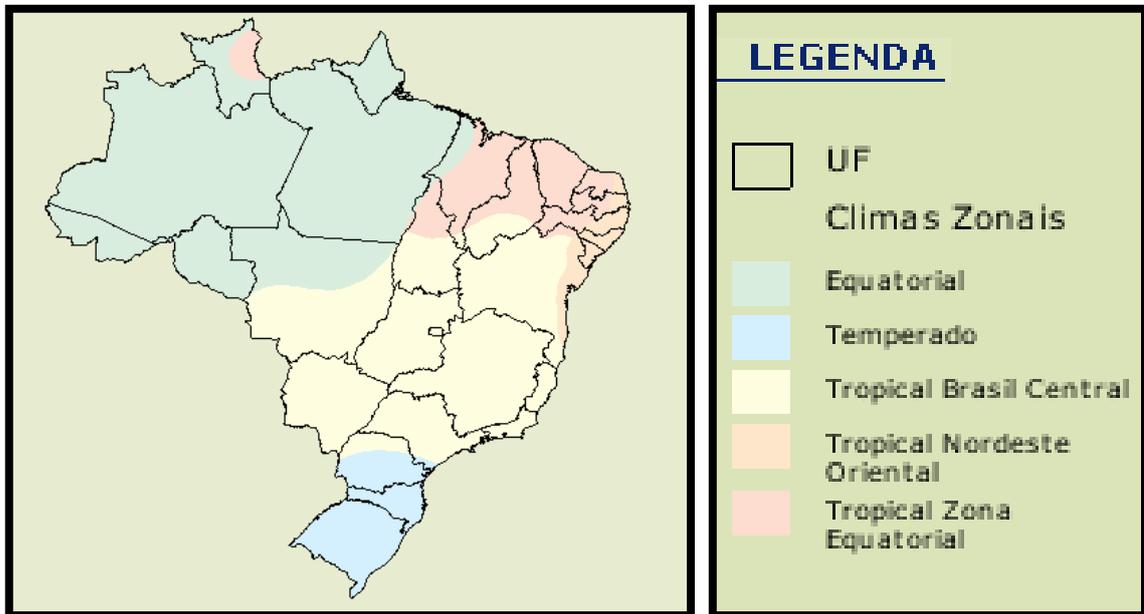


FIGURA 64: Terreno e o fluxo de veículos em entorno.

FONTE: Google Earth, 2011.



predominantemente quente e úmido, apresentando como consequência ausência de chuva no verão, acarretando altas temperaturas, e sua ocorrência no inverno.

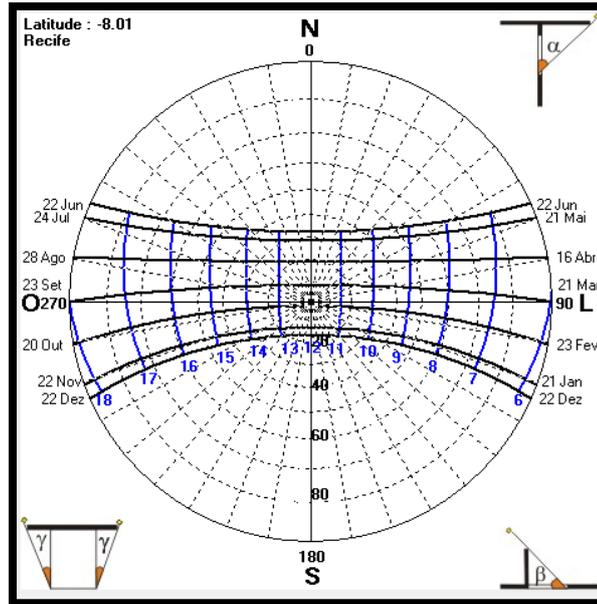


**FIGURA 66:** Mapa de clima.

**FONTE:** IBGE, 2011.

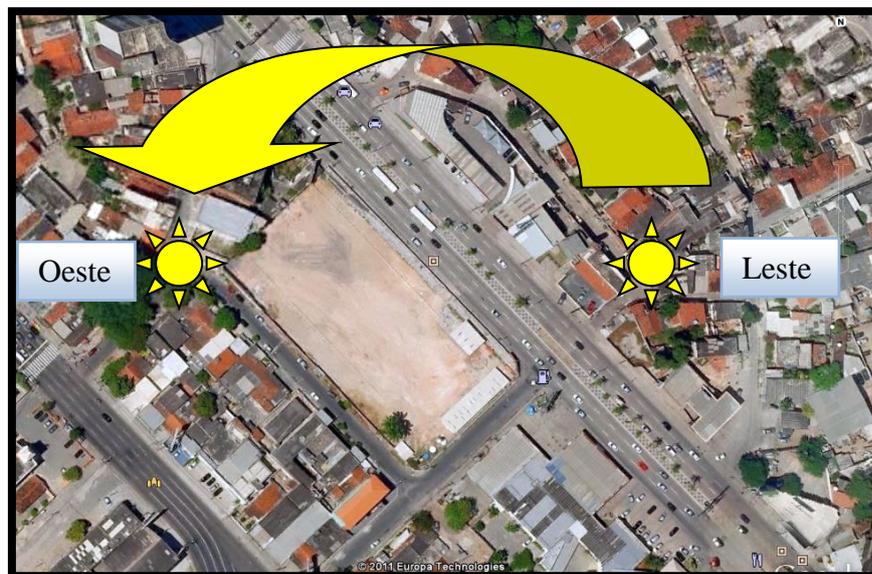
Para se ter um bom aproveitamento no uso de terreno, é necessário analisar outros condicionantes climáticos. Dentre esses condicionantes, destaca-se a análise da insolação e a frequência de ocorrência dos ventos.

Em relação a direção do sol, constata-se que o nascente é voltado ao leste, e o poente ao oeste. É importante analisar a posição do sol em relação aos dias do ano, pois no solstício de verão ele faz uma trajetória mais ao sul, e no solstício de inverno a trajetória é mais ao norte. Isso implica que no verão a fachada sul receberá mais insolação em relação a fachada norte. Já no inverno acontece o inverso, pois a fachada norte receberá mais insolação em relação a fachada sul.



**FIGURA 67:** Trajetória solar.

**FONTE:** <http://www.labee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>, 2011.



**FIGURA 68:** Insolação no terreno.

**FONTE:** Google Earth, 2011.

Outro condicionante a se analisar é a intensidade dos ventos. Na primavera e no verão, a predominância da direção do vento vem do leste e do sudeste, mas com pequenas ocorrências vindas do nordeste e do sul. No outono e no inverno, as maiores frequências são vindas da direção sul e sudeste, mas apresentando frequências mais baixas vindas do sudoeste e do leste. Com isso, conclui-se que a ventilação predominante, na maior parte do ano, vem do sudeste.

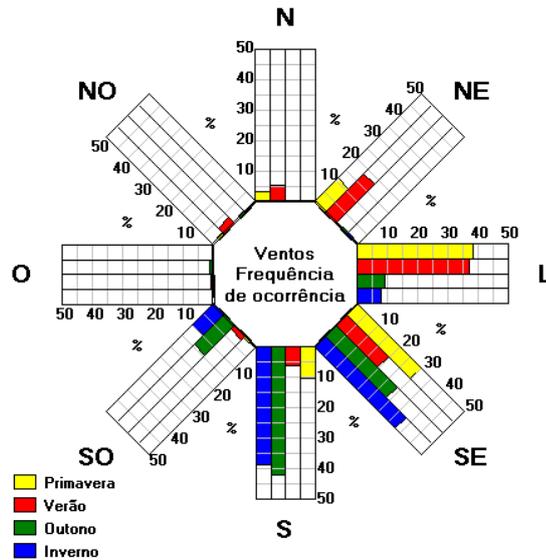


FIGURA 69: Frequência de ocorrência dos ventos, em Recife.

FONTE: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/software/analysis-sol-ar>, 2011.



FIGURA 70: Predominância da ventilação no terreno.

FONTE: Google Earth, 2011.

O esclarecimento da localização do terreno escolhido em relação tanto aos aspectos imobiliários e de seu entorno imediato, quanto aos condicionantes climáticos do mesmo, contribui para que se tenha uma edificação que expresse as necessidades requisitadas pelo seu contexto.

### 3.3 LEGISLAÇÃO

O bairro do Pina, onde se localiza o terreno utilizado, pertence a uma das subdivisões regionais do Recife, correspondente a 6ª Região Político-Administrativa (RPA-6). Esta RPA engloba oito bairros, pertencentes a zona sul da cidade.

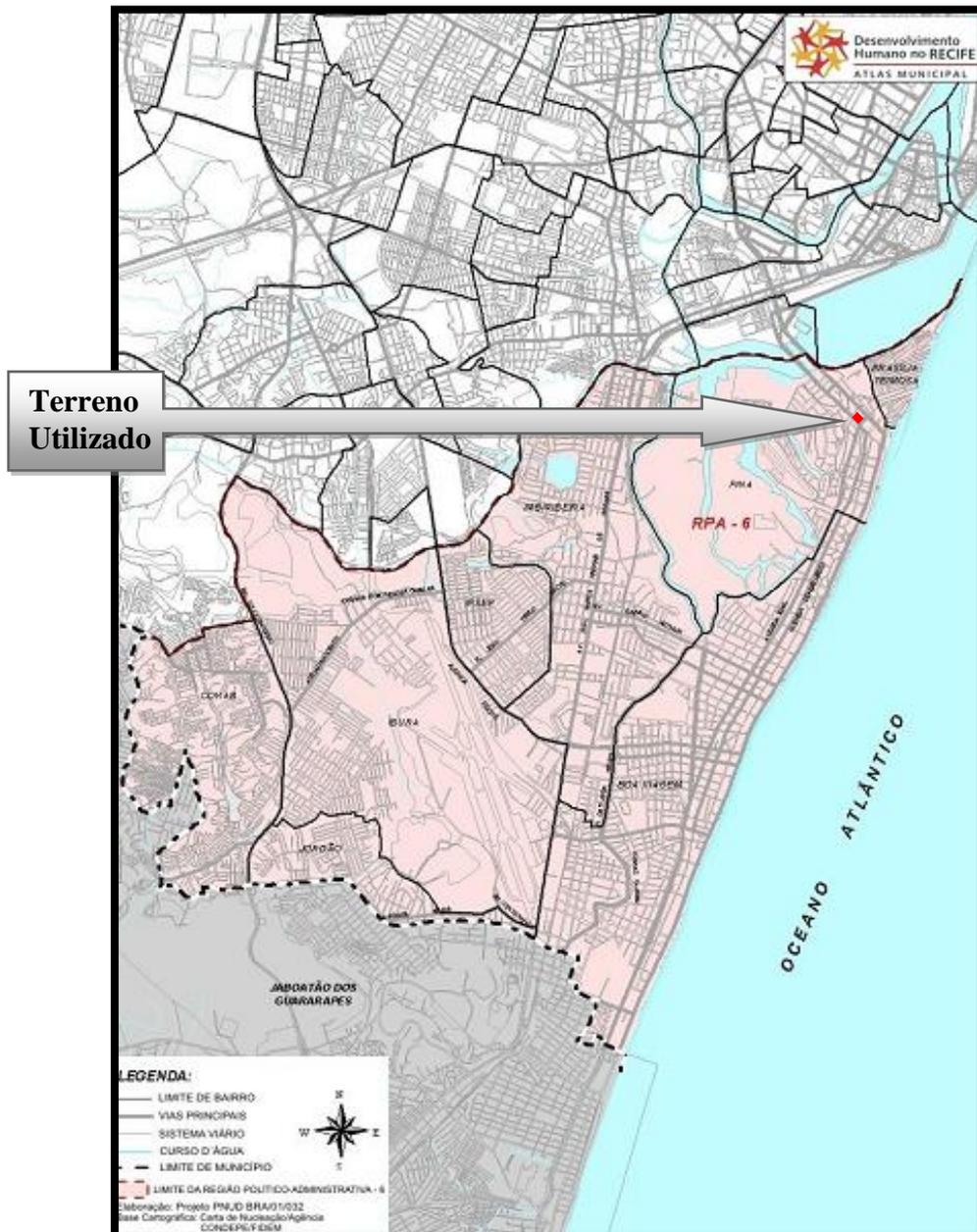


FIGURA 71: Limite da RPA-6.

FONTE: Atlas do Desenvolvimento Humano no Recife, 2005.

Em relação ao zoneamento do solo, proposto pela Prefeitura do Recife, o terreno está numa área de Zona de Urbanismo Preferencial I (ZUP-1), que possibilita alto potencial construtivo, apresentando compatibilidade com suas condições geomorfológicas, de infra-estrutura e paisagísticas. Com isso, o artigo 66, da Lei de Uso e Ocupação do Solo, define:

Na ZUP 1, a Taxa de Solo Natural será de 25% (vinte e cinco por cento), admitindo-se uma parte tratada com revestimento permeável, desde que sejam preservadas as árvores existentes, na proporção de 10 m<sup>2</sup> (dez metros quadrados) por árvore, não podendo o somatório dos valores correspondentes às árvores exceder a 5% (cinco por cento) da área total do terreno.

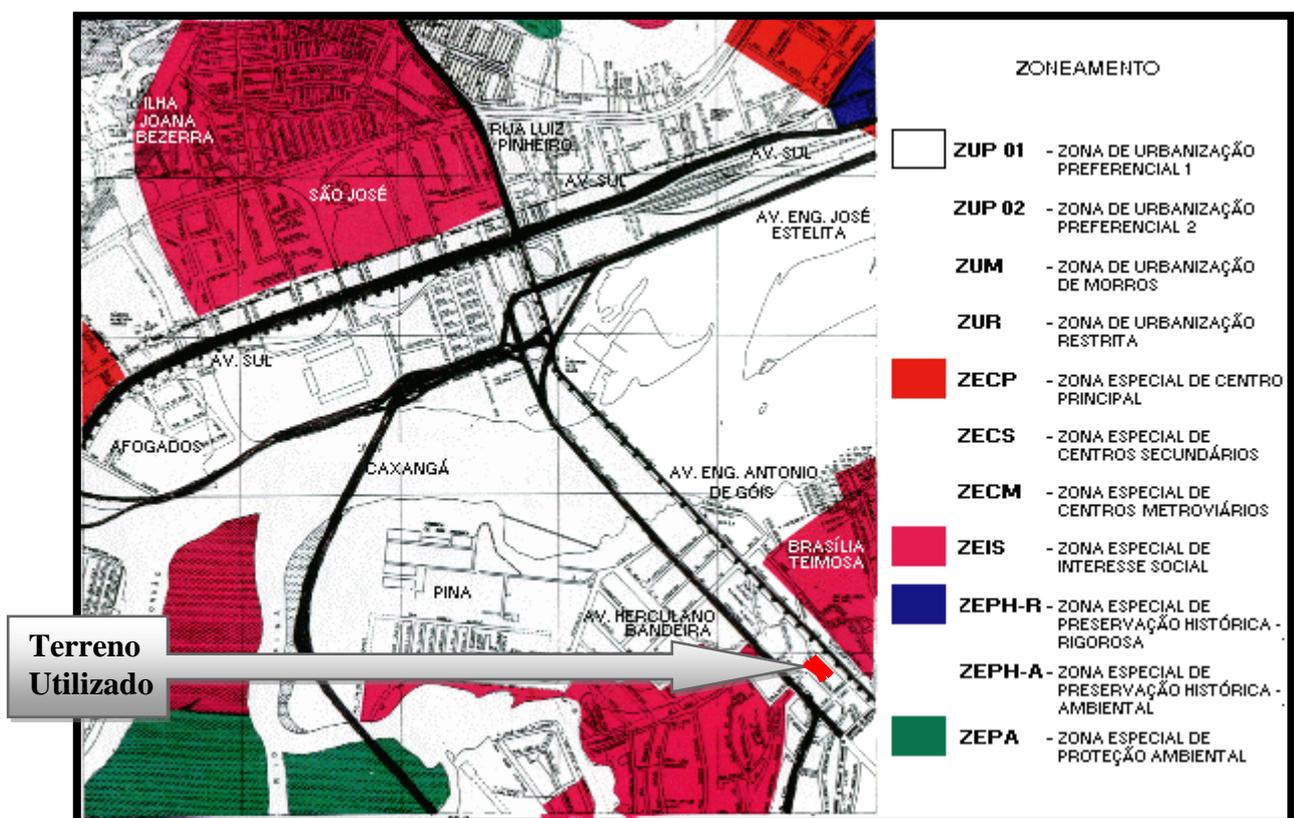


FIGURA 72: Mapas de zoneamento.

FONTE: <http://www.recife.pe.gov.br>, 2011.

Devido a área total do terreno ser de 6.203,50m<sup>2</sup>, a área de solo natural será de 1.550,87m<sup>2</sup>. As condições de ocupações e aproveitamentos do solo, na ZUP-1, são de maior potencial construtivos, entre os zoneamentos, com coeficiente quatro de construção. Isto permite que a área construída seja quatro vezes maior que a área do terreno. Com isso, a área de construção permitida é de no máximo 24.814,00m<sup>2</sup>. Mas, para isso, a edificação deve se afastar das faces frontais, laterais e posteriores, do perímetro do terreno, determinando assim uma lâmina de

utilização. Conforme a tabela a seguir, os afastamentos iniciais mínimos devem ser de cinco metros de recuo frontal, e três metros de recuos laterais e de fundo.

**QUADRO 03:** Afastamento inicial mínimo.

ZONAS	PARÂMETROS URBANÍSTICOS					REQUISITOS ESPECIAIS
	TSN	μ	AFASTAMENTO INICIAL MÍNIMO (Afi)			
			FRONTAL	LATERAL E FUNDOS		
				Edif. <= 2 Pavt.	Edif. > 2 Pavt.	
<b>ZONAS DE URBANIZAÇÃO</b>						
ZUP 1	25	4,00	5,00	nulo/1,50	3,00	A,B,C,D
ZUP 2	50	3,00	7,00	nulo/1,50	3,00	A,C,E
ZUM	20	2,00	5,00	nulo/1,50	3,00	A,B,C,D
ZUR	70	0,50	5,00	nulo/1,50	3,00	A,B,C,D
<b>ZONAS ESPECIAIS DE CENTRO</b>						
ZECP	20	7,00	nulo	nulo/1,50	nulo/3,00	A,B,C,D,F
ZECS	20	5,50	nulo	nulo/1,50	nulo/3,00	A,B,C,D,F
ZECM	20	5,50	5,00	nulo/1,50	3,00	A,B,C,D

FONTE: <http://www.recife.pe.gov.br>, 2011.

Conforme o artigo 78, da Lei de Uso e Ocupação do Solo, os afastamentos são definidos em função do número de pavimentos. Assim, para as edificações a partir de quatro pavimentos, os afastamentos serão obtidos através da seguinte fórmula:

$$Af = Afi + (n - 4) 0,25$$

$$Al = Ali + (n - 4) 0,25$$

$$Afu = Al$$

Onde:

**n** = Número de pavimentos

**Af**= Afastamento frontal

**Al**= Afastamento lateral

**Afi**= Afastamento frontal inicial

**Ali**= Afastamento lateral inicial

**Afu**= Afastamento de fundos

De acordo com essa Lei, os afastamentos foram definidos da seguinte maneira:

**TABELA 05:** Afastamentos do terreno.

Afastamento Frontal	Afastamentos Laterais	Afastamentos Fundos
$Afr = Afi + (n - 4) \cdot 0,25$	$Al = Afi + (n - 4) \cdot 0,25$	$Afu = Al$
$Afr = 5 + (25 - 4) \cdot 0,25$	$Al = 3 + (25 - 4) \cdot 0,25$	$Afu = 8,25$ metros
$Afr = 10,25$ metros	$Al = 8,25$ metros	

**FONTE:** <http://www.recife.pe.gov.br>, 2011.

Os requisitos de estacionamento definem que para salas comerciais, acima de seis pavimentos, tem-se uma vaga para cada 40m<sup>2</sup> se o acesso for feito através de algum corredor de transporte metropolitano e urbano principal. Se o acesso for feito pelos corredores de transporte urbano secundário, será uma vaga para cada 50m<sup>2</sup>. Pelas demais vias urbanas, será uma vaga para cada 60m<sup>2</sup>.

**QUADRO 04:** Requisitos de estacionamento.

CATEGORIAS DE USOS E ATIVIDADES URBANAS	REQUISITOS DE ESTACIONAMENTO				
	INTERVALOS	Corredor de Transporte Metropolitano e Urb. Principal	Corredor de Transporte Urbano Secundário	Demais Vias Urbanas	Zonas Especiais de Centro
Conjuntos de Lojas e/ou de Salas Comerciais	Até 2 Pav.	1v / 20m <sup>2</sup>	1v / 30m <sup>2</sup>	1v / 40m <sup>2</sup>	Análise Especial
	Acima de 2 Pav até 6 Pav.	1v / 30 m <sup>2</sup>	1v / 40m <sup>2</sup>	1v / 50m <sup>2</sup>	Análise Especial
	Acima de 6 Pav.	1v / 40m <sup>2</sup>	1v / 50m <sup>2</sup>	1v / 60m <sup>2</sup>	Análise Especial

**FONTE:** <http://www.recife.pe.gov.br>, 2011.

Pelo fato do acesso do edifício garagem ser através de uma via de corredor de transporte urbano secundário, será definida uma vaga a cada 50m<sup>2</sup>. Portanto, a capacidade mínima de vagas de estacionamento será de 178 vagas.

**ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE**

**CAPITULO 4 – PROPOSTA DE UM EDIFÍCIO DE ESCRITÓRIO COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE**

Este capítulo mostrará a proposta final, abordando seu programa, pré-dimensionamento, zoneamento, organograma e fluxograma. Será exposto o memorial descritivo do projeto, contendo o partido arquitetônico estudado, a descrição estética e funcional, e as soluções para que fachadas propiciem eficiência energética para os edifícios de escritórios. E, por fim, têm-se as pranchas arquitetônicas do projeto, contendo plantas-baixa, cortes, fachadas e perspectivas.

**4.1 PROGRAMA E PRÉ-DIMENSIONAMENTO**

Para a realização da proposta arquitetônica é necessário elaborar um programa de necessidades. Esse programa definirá os tipos de serviços que serão disponíveis no empreendimento.

Por se tratar de um projeto onde o objetivo principal é a elaboração de fachadas eficientes energeticamente, são inseridos, no programa de necessidades, apenas os itens principais para o ideal funcionamento de um edifício de escritórios.

**QUADRO 05:** Programa de necessidades.

<b>Programa de Necessidades</b>
Hall / Recepção
Estacionamento
Escritórios
Café
Terraço
Copa
Elevadores

Escadas
W.C. Masculino
W.C. Feminino
Zeladoria com B.W.C
Medidor Hidráulico
Sub-Estação
Depósitos
Gerador
Ar-Condicionado

**FONTE:** Autor, 2011.

Posteriormente, tem-se o programa de necessidades de cada pavimento, com seu respectivo dimensionamento:

**TABELA 06:** Programa de necessidades e dimensionamento do térreo.

Programa de Necessidades e Dimensionamento do Térreo	
Hall / Recepção	292,06m <sup>2</sup>
Estacionamento	1241,53m <sup>2</sup>
Zeladoria com B.W.C	8,60m <sup>2</sup>
Medidor Hidráulico	5,49m <sup>2</sup>
Sub-Estação	13,57m <sup>2</sup>
Depósitos	4,36m <sup>2</sup>
Gerador	8,32m <sup>2</sup>
Ar-Condicionado	15,11m <sup>2</sup>
Gás	5,56m <sup>2</sup>
Lixo	6,53m <sup>2</sup>
Guarita com W.C.	13,85m <sup>2</sup>
Elevadores	-
Escada	-

**FONTE:** Autor, 2011.

**TABELA 07:** Programa de necessidades e dimensionamento do mezanino.

<b>Programa de Necessidades e Dimensionamento do Mezanino</b>	
Hall	150,07m <sup>2</sup>
Administração	14,15m <sup>2</sup>
Estacionamento	1241,53m <sup>2</sup>
Depósito	1,26m <sup>2</sup>
W.C. Masculino	18,46m <sup>2</sup>
W.C. Feminino	18,46m <sup>2</sup>
Hall	150,07m <sup>2</sup>
Administração	14,15m <sup>2</sup>
Estacionamento	1241,53m <sup>2</sup>
Elevadores	-
Escada	-

**FONTE:** Autor, 2011.

**TABELA 08:** Programa de necessidades e dimensionamento do pavimento tipo.

<b>Programa de Necessidades e Dimensionamento do Pavimento Tipo</b>	
Escritórios	256,75m <sup>2</sup>
Copa	8,39m <sup>2</sup>
W.C. Masculino	18,46m <sup>2</sup>
W.C. Feminino	18,46m <sup>2</sup>
Depósito	1,26m <sup>2</sup>
Elevadores	-
Escada	-

**FONTE:** Autor, 2011.

**TABELA 09:** Programa de necessidades e dimensionamento da cobertura.

<b>Programa de Necessidades e Dimensionamento da Cobertura</b>	
Terraço	196,00m <sup>2</sup>
Café	63,47m <sup>2</sup>

Cozinha	23,67m <sup>2</sup>
Elevadores	-
Escada	-

**FONTE:** Autor, 2011.

A seguir, tem-se o pré-dimensionamento geral do projeto, que será um edifício empresarial com 25 pavimentos:

**TABELA 10:** Pré-dimensionamento geral do projeto.

Pré-Dimensionamento Geral do Projeto	
Área do Terreno	6.203,50m <sup>2</sup>
Área de Mínima de Solo Natural	1.550,87m <sup>2</sup>
Área Máxima de Construção Permitida	24.814,00m <sup>2</sup>
Área do Edifício Principal	8.944,88m <sup>2</sup>
Área da Lâmina do Edifício Principal	370,69m <sup>2</sup>
Área do Pavimento Térreo	370,69m <sup>2</sup>
Área do Pavimento Mezanino	244,46m <sup>2</sup>
Área do Pavimento Tipo	370,69m <sup>2</sup>
Área do Pavimento da Cobertura	174,55m <sup>2</sup>
Área do Estacionamento	4.966,12m <sup>2</sup>
Capacidade do Reservatório Inferior	76.500,00 litros
Capacidade do Reservatório Superior	49.106,66 litros
Quantidade de Vagas de Estacionamento	178 vagas

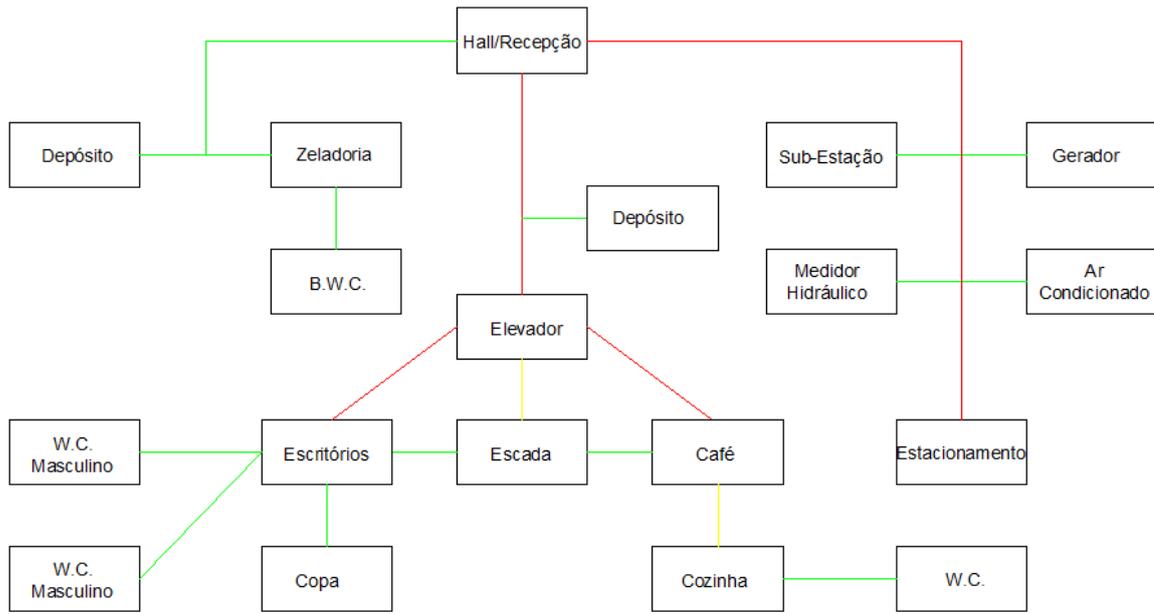
**FONTE:** Autor, 2011.

#### 4.2 ORGANOGRAMA E FLUXOGRAMA

O organograma mostrará a organização seqüencial dos ambientes, contribuindo para o ideal desenvolvimento da planta-baixa. Com isso, o organograma que será mostrado representará a disposição dos ambientes e a intensidade do fluxo de pessoas que circulam entre eles, conforme o gráfico a seguir:

Legenda:

- Grande fluxo de pessoas
- Médio fluxo de pessoas
- Baixo fluxo de pessoas



**FIGURA 72:** Organograma e fluxograma.

**FONTE:** Autor, 2011.

Portanto, o maior fluxo de pessoas será entre o hall/recepção e o estacionamento, e o hall/recepção e o elevador, que por sua vez as levará para as áreas destinadas aos escritórios e o café, que se localizará na cobertura da edificação.

#### 4.3 MEMORIAL DESCRITIVO DO PROJETO

O Projeto Arquitetônico proposto é de um edifício empresarial em um terreno localizado na Avenida Engenheiro Antônio de Góes, no bairro do Pina, na cidade do Recife. Como já citado no capítulo 03, a escolha desse terreno se deu pela localização estratégica, pois essa área da cidade está se caracterizando como maior pólo empresarial da cidade.

A idéia principal desse edifício é a eficiência energética das suas fachadas, e com isso há uma preocupação com o uso correto dos materiais construtivos e a boa aplicabilidade dos protetores solares, controlando assim a incidência solar. Com isso o projeto consta de um programa de necessidade básica, justamente porque o objetivo principal do trabalho são as fachadas.

A construção apresenta um bloco principal onde se tem os escritórios e um edifício secundário que é o estacionamento. Ambos são interligados através do pavimento térreo.

No edifício principal está localizada, no pavimento térreo, a recepção e a área de serviço, com as salas para o ar condicionado, o gerador, a subestação e também uma copa e o medidor hidrográfico, além da zeladoria. No pavimento seguinte tem-se o mezanino onde se encontra uma sala de apoio administrativo do prédio e os banheiros para visitantes. Posteriormente, acrescentam-se mais vinte e dois pavimentos, onde se localizam os escritórios, além dos banheiros femininos e masculinos e também uma copa para os funcionários. No último pavimento, o vigésimo quinto, se encontra um café, com sua cozinha e um terraço descoberto onde proporcionará aos usuários do edifício uma área de contemplação. Já no edifício secundário, tem-se as vagas do estacionamento que são distribuídas por cinco pavimentos, sendo o último descoberto. Os pavimentos são interligados através de escadas e elevadores, tanto o edifício principal, quanto a garagem.

Para menor impacto solar, a área de serviço, a escada, os elevadores e os sanitários são situados no lado oeste da edificação, ou seja, o poente. Isso resulta numa barreira de proteção do calor para os usuários dos escritórios que por sua vez estarão no lado leste, ou seja, o nascente.

Como na cidade do Recife o desconforto térmico atinge a maior parte do ano, conforme citado no capítulo 01, a edificação será vedada no lado leste, predominantemente de vidro. Esses vidros poderão ser abertos, proporcionando ventilação natural no ambiente. Mas pelo fato desse desconforto térmico na cidade, o desperdício de energia elétrica causado pelo uso do ar condicionado será amenizado através da utilização de um vidro insulado. Esse vidro permite aproveitar ao máximo a luz natural, evitando o uso de iluminação artificial, ao mesmo

tempo em que bloqueia o calor proveniente da radiação solar. Com isso, foi utilizado no projeto o vidro SunGuard Solar – Silver 32, da Brasilglass.

Nas fachadas laterais foram utilizados brises laterais, onde se busca uma proteção a mais dos raios solares na edificação. Tem-se brises verticais e horizontais de cinquenta centímetros de espessura além de outro brise horizontal de um metro, que por sua vez está contido no menos espesso. A distância do revestimento externo da edificação para o interior da mesma também é de cinquenta centímetros. Isso ocorre, pois a parede tem uma espessura de vinte centímetros, mas há uma camada de ar de vinte e cinco centímetros para esse revestimento, amenizando assim a transmissão de calor para o interior do prédio.

O revestimento externo utilizado foram os painéis TermoWall, da Dânica, que tem a espessura de cinco centímetros e é composto por poliuretano, proporcionando assim um eficaz isolamento térmico. Além disso, esses painéis apresentam um alto padrão estético através de um acabamento micro-ondulado.

Na fachada posterior, o sistema de vedação das paredes opacas é semelhante ao das fachadas laterais. O destaque fica para os cobogós que proporcionam as escadas ventilação e iluminação natural.

No edifício garagem, o revestimento das fachadas também é composto por painéis TermoWall além de apresentarem cobogós que contribuem para a ventilação e iluminação natural.

Na cobertura do café, no edifício principal e da guarita, no edifício garagem, foram utilizados os painéis TermoRoof que, assim como os painéis TermoWall, são compostos por poliuretano. Com isso tem-se um controle de calor também nas cobertas.

Portanto temos um edifício empresarial que busca o conforto, através de suas fachadas, contribuindo assim, para o bem estar dos usuários, através de seu bom funcionamento térmico.

#### 4.4 ANTEPROJETO: PRANCHAS

**ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE****CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Por meio deste trabalho, foi possível encontrar métodos e conceitos que embasam para a ideal concepção de um edifício de escritórios que apresente artifícios eficientes energeticamente para suas fachadas. Assim, contribuindo para a redução do consumo de energia elétrica no seu interior.

Primeiramente, foi analisado o conceito de eficiência energética, no qual contribuiu para a formação de uma consciência energética na arquitetura, através também da correta especificação de materiais e no uso adequado de elementos arquitetônicos no controle dos raios solares na edificação. A partir daí, houve a necessidade de se compreender o desenvolvimento da produção de edifícios de escritórios, que buscam a redução energética, no Brasil e em alguns outros países, servindo assim como parâmetro para a ideal concepção de uma fachada que não proporcione o alto consumo de energia elétrica.

Para isso, houve a necessidade de analisar e comparar alguns exemplos de edifícios de escritórios, que de alguma maneira contribuíram para a eficiência energética. Com isso, foram retiradas algumas soluções de fachadas, que contribuíram para a elaboração da proposta arquitetônica.

Também foi de grande importância a análise do terreno e de seu entorno, ajudando na compreensão da história e evolução do bairro, e de seu valor para a cidade do Recife. Além disso, foi possível entender os principais fatores climáticos, e suas principais interferências no projeto arquitetônico proposto.

Após a justificativa da importância do conhecimento de fatores que contribuem para a eficiência energética, houve a formação da concepção de um edifício que suas fachadas evitassem o desperdício de energia elétrica, contribuindo para a redução dos gastos financeiros, dos impactos ambientais, colaborando assim para a melhoria da qualidade de vida das pessoas.

ANTEPROJETO DE UM EDIFÍCIO EMPRESARIAL COM FACHADAS EFICIENTES ENERGETICAMENTE

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ANDRADE, C.M. **Avaliação de desempenho em edifícios de escritório: o ambiente de trabalho como meio para o bem-estar produtivo.** 2005. Tese (Doutorado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2005.

BARBOSA, Luís Antônio Greno. **EDIFICAÇÕES INTELIGENTES: conceitos e considerações para o projeto de arquitetura.** Rio de Janeiro, 2006.

BITTENCOURT, Leonardo. **Uso das cartas solares: diretrizes para arquitetos.** 2. Ed. Maceió: EDUFAL, 2003.

BUONAFINA, Breno José de Aguiar. **Diretrizes para um projeto luminotécnico visando a eficiência energética no setor residencial.** Trabalho de Conclusão de Graduação – ESUDA; Recife, 2007.

COELHO, Sílvia Patrícia de Oliveira Souza. **Análise das diretrizes e soluções bioclimáticas em projetos arquitetônicos no Brasil – em foco a cidade do Recife.** Dissertação (mestrado) – UFPE; Recife, 2006.

CORCUERA, Daniela. **Edifícios de Escritórios na Cidade de São Paulo: O Conceito de Sustentabilidade nos Edifícios Inteligentes.** In: NUTAU 98, 1998, São Paulo. NUTAU 98. Anais, 1998.

CORCUERA, Daniela. **EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS: o conceito de sustentabilidade nos sistemas de vedação externa.** São Paulo, 1999.

GONÇALVES, J.C. **A sustentabilidade do edifício alto. Uma nova geração de edifícios altos e sua inserção urbana.** Tese de doutorado, FAUUSP. São Paulo: FAUUSP, 2003.

HOLANDA, Armando de. **Roteiro para construir no nordeste, arquitetura como lugar ameno nos trópicos ensolarados**. 2. Ed. Recife: Instituto de Arquitetos do Brasil-PE; UFPE; Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Urbano, 2010.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, R., GOULART, S., CARLO, J., WESTPHAL, F., PONTES, R. **Regulamentação de etiquetagem voluntária de nível de eficiência energética de edifícios comerciais e públicos**. ENCAC 2007 – IX Encontro Nacional e V Encontro Latino Americano de Conforto no Ambiente Construído. Proceedings. Ouro Preto: ENCAC, 2007.

MARCONDES, Mônica Pereira. **Soluções projetuais de fachadas para edifícios de escritórios com ventilação natural em São Paulo**. Tese (Doutorado) – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura; FAUUSP; São Paulo, 2010.

MARINOSKI, Deivis Luis. **Desempenho Térmico de Edificações**. LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, UFSC. Florianópolis, 2007.

MOREIRA, Fernando Diniz. **Arquitetura moderna no Norte e Nordeste: Uma estratégia de reconciliação**. Recife-PE, 2007.

PITA, Marina. **Prédios inteligentes e econômicos**. In: Revista Sustenta. São Paulo, 2009.

REZENDE, R. **Entrevista realizada com o arquiteto Ruy Rezende da RRA Arquitetura, autor do projeto do Edifício Cidade Nova, no Rio de Janeiro, para a pesquisa de doutorado**. Rio de Janeiro, julho de 2008.

ROMERO, Marta Adriana Bustos. **Arquitetura Bioclimática do Espaço Público**. Editora Universitária de Brasília, 2007 (3ª impressão).

SILVA, Vanessa Gomes da. **Indicadores de sustentabilidade de edifícios: estado da arte e desafios para desenvolvimento no Brasil**. Campinas, 2006.

INTERNET:

**ARCOWEB.** (<http://www.arcoweb.com.br/arquitetura/ruy-rezende-edificio-cidade-11-12-2008.html>). Acesso: 10/05/11.

**BRAZILGLASS.** ([http://www.brazilglass.com.br/v\\_insulado.html](http://www.brazilglass.com.br/v_insulado.html)). Acesso: 25/05/11

**CAMPOS, Iberê M.. Dicas para um edifício sustentável.** (<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=89>). Acesso em: 01/12/2009.

**FERREIRA, Dilson. Edifícios inteligentes, mas também ecoeficientes e confortáveis,** São Paulo, 2007. (<http://www.portaldoarquiteto.com/ponto-de-vista/dilson-ferreira/edificios-inteligentes-mas-tambem-ecoeficientes-e-confortaveis.html>) Acesso em: 01/12/2009.

**JC ONLINE.** ([www.ne10.com.br](http://www.ne10.com.br)). Acesso: 10/05/11.

**METÁLICA. Isolamento Térmico e Acústico** (<http://www.metolica.com.br/isolamentos-termico-e-acustico>). Acesso: 19/04/2011.

**NETO, Francisco Maia. A sustentabilidade na construção civil.** (<http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=23&Cod=590>). Acesso em: 01/12/2009.

**PERNAMBUCO DE A-Z.** ([http://www.pe-az.com.br/index.php?option=com\\_content&task=view&id=592&Itemid=81](http://www.pe-az.com.br/index.php?option=com_content&task=view&id=592&Itemid=81)). Acesso: 10/05/11.

**PINIWEB.** (<http://www.piniweb.com.br/construcao/mercado-imobiliario/fachadas-do-edificio-cidade-nova-receberam-dupla-pele-de-vidro-87053-1.asp>). Acesso: 10/05/11.

**PREFEITURA DO RECIFE.**

(<http://www.recife.pe.gov.br/pr/secplanejamento/inforec/pina.php>). Acesso: 10/05/11.

**REVISTA AU.** (<http://www.revistaau.com.br/arquitetura-urbanismo/164/imprime66773.asp>).

Acesso: 19/04/2011.

## REVISTAS:

**ARQUITETURA & CONSTRUÇÃO - ESPECIAL CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.**

1ª. Ed. Editora Abril S.A. São Paulo.

**PROJETO DESIGN.** Editora Arco Editorial. Nº 338. Abril de 2008.