

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

STELA LETICIA BISINOTTO

**A INFLUÊNCIA DA PORCENTAGEM DA ÁREA DE JANELA NO CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP**

SÃO CARLOS
FEVEREIRO/2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil

STELA LETICIA BISINOTTO

**A INFLUÊNCIA DA PORCENTAGEM DA ÁREA DE JANELA NO CONSUMO DE
ENERGIA ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE SÃO CARLOS - SP**

Dissertação submetida ao Programa de Pós Graduação em
Construção Civil, para obtenção do Título de Mestre em
Construção Civil.

Orientação Prof^a. Dr^a. Léa Cristina Lucas de Souza

SÃO CARLOS
FEVEREIRO/2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

B622ip

Bisinotto, Stela Leticia.

A influência da porcentagem da área de janela no consumo de energia elétrica em residências na cidade de São Carlos - SP / Stela Leticia Bisinotto. -- São Carlos : UFSCar, 2012.
79 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São Carlos, 2012.

1. Construção civil. 2. Conforto ambiental. 3. Iluminação natural. 4. Energia elétrica - consumo. I. Título.

CDD: 690 (20^a)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
Programa de Pós-Graduação em Construção Civil
Rod. Washington Luís, Km 235
13565-905 – São Carlos – SP
Fone: (16) 3351-8261 Fax (16) 3351-8262
e-mail: ppgciv@ufscar.br site: www.ppgciv.ufscar.br

**“A INFLUÊNCIA DA PORCENTAGEM DA ÁREA DE JANELA NO CONSUMO DE ENERGIA
ELÉTRICA EM RESIDÊNCIAS NA CIDADE DE SÃO CARLOS – SP.”**

STELA LETÍCIA BISINOTTO

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada em nove de fevereiro de 2012.

Banca Examinadora constituída pelos membros:

Profª Drª Léa Cristina Lucas de Souza
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar
Orientadora

Profª Drª Gianna Melo Barbirato
Universidade Federal de Alagoas/PPG-DEHA/UFAL
Examinador externo

Profª Drª Sheyla Mara Baptista Serra
Departamento de Engenharia Civil/PPGCiv/UFSCar
Examinador interno

BISINOTTO, Stela Leticia. A influência da porcentagem da área de janela no consumo de energia elétrica em residências na cidade de São Carlos-SP. São Carlos: Centro de Ciências Exatas e Tecnologia. – UFSCar, 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil com ênfase em Sistemas Construtivos de Edificações). CCET, UFSCar, 2011.

Resumo

Neste trabalho buscou-se verificar a influência da área de janelas no consumo de energia elétrica de residências localizadas na cidade de São Carlos-SP. Para isso, aplicou-se o índice WWR (do inglês *window-to-wall ratio*), que representa a razão entre a área de janela e a área de superfície externa (parede). A metodologia aplicada envolveu pesquisa de campo, modelagem e simulação computacional. Inicialmente foi feita uma verificação das características do consumo de energia elétrica para toda a área da cidade de São Carlos, a partir de uma base de dados pré-existente. Em função desses dados, foram selecionadas edificações específicas, para as quais foi realizado um levantamento *in loco*. Os dados de campo permitiram determinar parâmetros construtivos (orientação, volume e área construída, áreas de fachadas e áreas de janelas), os quais foram direta ou indiretamente utilizados como dados de entrada para uma modelagem do consumo de energia elétrica das residências amostradas. A modelagem foi desenvolvida por aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA), uma técnica computacional inspirada na estrutura dos neurônios humanos. Assim, foram desenvolvidos diversos modelos e verificados os seus desempenhos através do coeficiente de determinação (R^2) e erros relativos apresentados pela relação entre dados simulados e dados medidos. O modelo de melhor desempenho foi selecionado para simular a influência do WWR no consumo de energia elétrica. Os resultados apontaram que o índice WWR tem influência sobre o consumo das residências amostradas e que há influência da orientação, sendo a orientação Nordeste a menos impactante no consumo de energia elétrica. Além disso, uma faixa de valor de WWR/volume construído entre 0,06 e 0,07 está relacionada à promoção do menor consumo de energia por área construída na cidade de São Carlos.

Palavras-chave: energia elétrica, WWR, iluminação natural, redes neurais artificiais.

BISINOTTO, Stela Leticia. Influence of window area on the electrical energy consumption of dwellings in the city of São Carlos – SP. São Carlos: Centro de Ciências Exatas e Tecnologia– UFSCar, 2011. Dissertação (Mestrado em Construção Civil com ênfase em Sistemas Construtivos de Edificações). CCET, Oscar, 2011.

ABSTRACT

This study seeks to verify the influence of windows areas in the electrical energy consumption of dwellings in the city of São Carlos. In order to do this, the index WWR (window to wall ratio) was applied, representing the ratio of window area and the area of external surface (wall). The applied methodology consisted on field campaigns, modeling and computational simulation. First, taking into account a pre-existent data basis, the characteristics of the electrical energy consumption for the whole area of the city of São Carlos was verified. Then, specific buildings were selected to be measured *in loco*. The field data allowed the determination of building parameters (orientation, volume and constructed area, area of façades and window areas), which were directly or indirectly used as data entry for modeling the electrical energy consumption of the dwellings' set. The modeling process applied Artificial Neural Networks (ANN), which is a computational technique inspired on the structure of human neurons. Several models were developed and their performance was evaluated by the determination coefficient (R^2) and relative errors, shown by the relationship between simulated and real data. The best model was selected to be applied in the simulation of the influence of WWR and electrical energy consumption. The results showed that the WWR index has influence on the residential consumption of the dwellings studied and that NE orientation causes the lowest impact on electrical energy consumption. Furthermore, an ideal range of WWR/volume between 0,06 and 0,07 is related to the lowest energy consumption per constructed area in the city of São Carlos.

Keywords: electric energy, WWR, daylighting, artificial neural networks.

SUMÁRIO

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 14 |
| 1.1 | O contexto da eficiência energética para Edificações | 8 |
| 1.2 | Justificativa e delimitação da pesquisa | 11 |
| 1.3 | Hipótese | 15 |
| 1.4 | Objetivos | 15 |
| 1.5 | Esboço do método | 16 |
| 1.6 | Estruturação dos capítulos | 18 |
| 2. | VARIÁVEIS DE CONSUMO DE ENERGIA E O PAPEL DA ENVOLTÓRIA | 19 |
| 2.1 | Condicionantes não componentes da envoltória | 20 |
| 2.2 | Condicionantes componentes da envoltória | 22 |
| 2.2.1 | Variáveis de orientação, altura e forma da envoltória | 23 |
| 2.2.2 | Variáveis dos materiais construtivos da envoltória | 24 |
| 2.2.3 | Variáveis das aberturas: <i>window-to-wall ratio (WWR)</i> , fator solar e sombreamento | 27 |
| 3 | A SIMULAÇÃO POR REDES NEURAIS ARTIFICIAIS | 34 |
| 3.1 | Origem das RNAs | 34 |
| 3.2 | Neurônio biológico e neurônio artificial | 35 |
| 3.3 | Estrutura e elementos de uma RNA | 36 |
| 3.4 | Funções de ativação | 38 |
| 3.5 | Aprendizado | 38 |
| 3.6 | Tipos de RNAs | 39 |
| 3.7 | Exemplos de Aplicação de RNAs para análise do consumo de energia elétrica | 40 |
| 4 | METODOLOGIA | 42 |

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 4.1 | Identificação do consumo de energia elétrica na área de estudo | 43 |
| 4.2 | Seleção de edificações para estudo e sua caracterização | 45 |
| 4.3 | Modelagem dos dados de consumo de energia em função de parâmetros geométricos | 47 |
| 5 | RESULTADOS E ANÁLISE..... | 52 |
| 5.1 | Características energéticas em São Carlos | 52 |
| 5.2 | Relações entre o consumo de energia e o <i>WWR</i> | 56 |
| 5.2.1 | Desempenho dos modelos de RNA e importância das variáveis | 56 |
| 5.2.2 | Principais variáveis dos modelos não relacionadas ao <i>WWR</i> | 60 |
| 5.2.3 | Principais variáveis dos modelos relacionadas ao <i>WWR</i>..... | 64 |
| 6 | CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 68 |
| 7 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 71 |
| | APÊNDICE..... | 79 |

1 INTRODUÇÃO

Nessa introdução faz-se uma breve contextualização do tema de pesquisa, destacando-se a justificativa para o estudo, a hipótese levantada e os objetivos a serem atingidos. Ao final dessa, são esboçadas as etapas do método e delineada a estrutura adotada nos capítulos.

1.1 O contexto da eficiência energética para Edificações

Dentre os diversos tipos de energia, a energia elétrica é um dos requisitos básicos para a sustentabilidade, sendo o seu acesso, considerado uma condição mínima de desenvolvimento, seja qual for o conceito de desenvolvimento empregado (Reis e Cunha, 2006). A energia elétrica apresenta uma gama de impactos em sua cadeia (desde a geração até o consumo), sendo por isso mesmo importante a interação entre os diversos componentes da sua infraestrutura. Portanto, a busca pela redução no consumo de energia nas edificações, também representa uma medida favorável a essa interação.

Para Panesi (2006) promover a diminuição do consumo de energia primária necessária para se produzir um determinado serviço é melhorar a eficiência energética, independente do ponto da cadeia de energia em que ocorreu a redução. Assim, medidas de preservação e combate ao desperdício de energia podem reduzir os impactos ambientais provenientes da oferta de energia. No entanto, a procura por ações mais sustentáveis requer uma mudança de paradigmas e ações imediatas.

Na construção civil, especialmente após a Revolução Industrial, o problema relacionado ao alto consumo energético e à necessidade de sustentabilidade tem sido alvo de preocupação, tendo em vista as restrições energéticas e a crescente demanda no setor, conforme aponta Cruz *et al.*, (2004). A construção civil é um dos setores que mais consome energia, seja na produção de materiais, na execução da obra ou na etapa de pós-ocupação (SATTLER, 2003).

A construção civil consome cerca de 40% dos recursos naturais e, no consumo específico de energia elétrica nesse setor estima-se um aumento de 45% para 2015 (CEBDS, 2007). Em 2004, por exemplo, as edificações no Rio de Janeiro

consumiram 44% da energia elétrica da cidade, sendo 40% gastos pela iluminação (MME, 2006).

Segundo John (2008), a eficiência energética nas edificações depende do alinhamento entre variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, de modo que as soluções arquitetônicas aproveitem da melhor forma possível as potencialidades climáticas locais, reduzindo a necessidade de equipamentos e conseqüente consumo de energia para obtenção de conforto. Por isso, para melhorar a eficiência energética de um ambiente deve-se conceber edificações que ofereçam conforto aos ocupantes, promovendo-se uma ação localizada na etapa final da cadeia de energia elétrica.

Nesse sentido, o Brasil, segundo Oliveira (2006), possui um clima favorável do ponto de vista energético. Por ser um país tropical, sua carga total de radiação recebida ao longo do ano é maior, se comparada às zonas temperadas e frias do planeta. O país possui uma abóbada celeste que, segundo Mascaró (1992), é das mais luminosas do mundo, permitindo nos edifícios bem projetados, a dispensa da iluminação artificial na maioria das horas do dia. Por outro lado, a diferença entre as temperaturas de conforto (entre 20 e 25°C) e a do meio ambiente, também é das menores do mundo. Para essa autora, se o binômio “edifício-instalação” estiver adequadamente concebido, as diferenças térmicas do ar nas cidades brasileiras permitem o funcionamento confortável dos edifícios com um mínimo de consumo energético.

Apesar dessa condição vantajosa, ainda existem, muitos esforços a serem envidados para que haja maior prática da integração entre a construção civil brasileira e a eficiência energética. Para Lamberts *et al.*, (2004), um edifício é considerado energeticamente mais eficiente que outro, quando proporciona as mesmas condições ambientais de conforto ao seu usuário durante a etapa de pós-ocupação, com menor consumo de energia. Lamberts (2010) salienta que edifícios mais eficientes e a mudança nos padrões de consumo da população podem reduzir consideravelmente as alterações provocadas pelo homem no clima.

De acordo com Sartori e Hestnes (2007) o aumento da consciência dos problemas ambientais relacionados com a energia, seja por crises ou problemas ambientais ocasionados pela fabricação da energia elétrica, tem levado os projetistas de edificações a desenvolver projetos menos consumidores, e muitos

países a implementar normativas que visem à eficiência energética em vários setores da sociedade.

Para Nascimento (2009), desde a crise do petróleo, na década de 70, estudos têm sido realizados com o intuito de aprimorar a eficiência energética dos edifícios. Já em 1999, Signor (1999) falava a respeito da implantação de uma norma de eficiência energética discutida naquele momento. Ele apontava a pesquisa de Janda e Busch (1994), que indicava que dentre cinquenta e sete países situados em todos os continentes, treze, incluindo o Brasil, não possuíam legislação no setor. A proposta seria a elaboração de uma norma, com equações de fácil utilização, prevendo o cálculo do consumo de energia elétrica de edifícios. Desta forma, os projetistas poderiam, ainda na fase de projeto, tomar decisões e comparar alternativas no custo/benefício das edificações projetadas. O desenvolvimento desta nova norma seria baseado no método da ASHRAE (*American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers*), com eventuais simplificações que facilitassem a sua implantação e necessárias adaptações às características locais.

De acordo com Carlo *et al.*, (2004), em seu trabalho sobre o Código de Obras da cidade de Salvador, a cidade se adiantou em relação ao restante do país e iniciou um processo para incluir parâmetros de eficiência energética no seu código de obras. O código se basearia no formato da Standard 90.1 da ASHRAE, porém com ajustes para o Brasil. A proposta englobava parâmetros para a envoltória da edificação, para os sistemas de iluminação e aquecimento de água e para as dimensões dos ambientes internos.

Em 2004, Lamberts (2004) apontava que uma regulamentação para edificações eficientes deveria ser desenvolvida com foco nos custos e nos impactos de possíveis alterações do envelope no consumo de energia elétrica, associados principalmente aos sistemas de condicionamento de ar. Em um estudo realizado sobre normatização em eficiência energética em países em desenvolvimento, foi demonstrado que o Brasil poderia ter uma economia de cerca de 1310 TWh¹ em 20 anos, de 2000 a 2020, ou seja, uma economia de 12% no consumo se fosse colocadas em prática normas e códigos de eficiência energética em todos os setores consumidores (LAMBERTS *apud* DUFFY, 1997).

¹ TWh= terawatt-hora

Em 2001, com o cenário de preocupação causado pela crise de energia elétrica, o governo brasileiro incentivou a população a economizá-la, através de ações como: a troca de equipamentos antigos por outros mais novos, que consomem menos energia; a troca das lâmpadas incandescentes pelas fluorescentes, que geram a mesma iluminação com menor consumo de energia; e o aproveitamento da iluminação natural dentro dos ambientes. Uma das medidas naquele momento foi entrar em vigor a Lei nº 10.295, que dispõe sobre a política nacional de conservação e uso racional de energia, complementada pelo Decreto nº 4095, que aponta para a necessidade de estabelecer níveis de consumo com base em indicadores técnicos e regulamentações específicas (GOULART, 2010).

Como uma das consequências daquela lei e decreto, foi proposta a regulamentação da eficiência energética das edificações e o PROCEL lançou o Programa de Etiquetagem para Edifícios, criando o Regulamento Técnico da Qualidade – RTQ (ANEEL, 2010). O regulamento analisa o desempenho energético do edifício para concessão da ENCE - Etiqueta Nacional de Conservação de Energia. Em uma primeira etapa o RTQ foi direcionado aos edifícios comerciais, de serviços e públicos (RTQ-C), que já podem voluntariamente ser classificados energeticamente em função do desempenho térmico de sua envoltória, da potência e eficiência do sistema de iluminação e da eficiência do sistema de condicionamento de ar. Em etapa mais recente no ano de 2010, também foi lançada a regulamentação para os edifícios residenciais (RTQ-R). Em ambas a regulamentação é de se destacar o peso designado à envoltória do edifício (paredes, cobertura e abertura), conferindo-lhe importância energética e evidenciando a necessidade de soluções arquitetônicas que permitam o aproveitamento dos recursos naturais, minimizando assim o consumo de energia elétrica.

1.2 Justificativa e delimitação da pesquisa

Segundo o Balanço Energético Nacional de 2009 (MME, 2009), no Brasil, as edificações residenciais, comerciais e públicas são responsáveis por mais de 44% do consumo de energia elétrica do país. Segundo Fedrigo (2009), no setor residencial brasileiro, os usos finais médios de energia elétrica são distribuídos em

7% para iluminação, 42% para refrigerador e freezer, 19% para o chuveiro elétrico, 2% para aparelho de ar condicionado, 12% para televisor e 18% para os demais aparelhos.

Viana e Gonçalves (2001) demonstram que na simulação para três cidades de climas distintos (Atenas, Londres e Copenhague), o uso da iluminação artificial contribui em 50% do consumo total de energia elétrica de escritórios. Cidades de clima frio, edifícios de plantas profundas, com áreas extensas e fora do alcance da luz natural, podem ter um consumo energético para iluminação artificial maior que o referente ao aquecimento nos meses de inverno. Para uso residencial os estudos sobre o tema ainda são escassos.

Pereira (2009) aponta dois aspectos que causam preocupações quanto ao uso da iluminação artificial. Primeiro a constatação de que a energia utilizada na produção de luz artificial tem assumido um custo significativo no custo total de operação da edificação e de que tem contribuído para a poluição global do ambiente natural. O segundo aspecto envolve os efeitos negativos, fisiológicos e psicológicos, proporcionados pela privação da luz natural sobre os usuários das edificações. Hoje, as pessoas passam a maior parte de seu tempo de trabalho ou lazer em ambientes iluminados artificialmente, no entanto a iluminação natural é um requisito para 100% das pessoas, independente de qualquer tipo de condição ou local.

O aproveitamento adequado da iluminação natural leva a maior economia de energia elétrica. No entanto, no contexto da sustentabilidade, o planejamento da integração entre luz natural e artificial requer considerações também quanto à componente térmica contida no aproveitamento da luz natural, avaliando-se o conseqüente balanço da carga térmica nos espaços.

Na questão térmica, os equipamentos de condicionamento de ar tornam-se variáveis importantes de consumo. Segundo Pereira (2009), dados de Almeida *et al.*, (2001) mostram que no setor residencial brasileiro, no ano de 1997, 3% do consumo de energia elétrica total foi destinado ao condicionamento de ar. Mais tarde a pesquisa de Ghisi *et al.*, (2007), que considerou 12 dos 26 estados brasileiros (abrangendo 70% da população), apontou que entre os anos de 1997 e 1999, 10% do consumo de energia elétrica total do setor residencial brasileiro foi destinado ao condicionamento de ar. Dados da ELETROBRÁS e PROCEL (2007), referentes a 2005, indicaram que um crescimento do consumo residencial com

condicionamento de ar, alcançou 20% do total da energia elétrica consumida no setor. Ressalta-se que, mesmo com a porcentagem de 20% do consumo residencial destinada a condicionamento de ar, grande parte das edificações residenciais brasileiras não possui condicionamento artificial, e utiliza prioritariamente a ventilação natural. Segundo ELETROBRÁS e PROCEL (2007), os aparelhos de ar condicionado estão distribuídos em apenas 10,5% dos domicílios no Brasil.

A importância do consumo por condicionamento do ar foi também apontada em outros países, como demonstra Lam (2000), analisando dados de consumo de energia no setor residencial de Hong Kong. Aquele autor concluiu que os principais itens que consomem mais energia são: o ar condicionado utilizado nos dormitórios, iluminação e refrigeradores.

O consumo de energia gasto com condicionadores de ar nas edificações poderia ser reduzido, se houvesse um melhor aproveitamento da ventilação natural (Pereira, 2009). Lamberts e Triana (2007) esclarecem que, o desenvolvimento de projetos de edificações residenciais mais sustentáveis no Brasil deve contemplar a introdução de fontes renováveis de energia. Como o consumo dos equipamentos está relacionado às características apresentadas pelo edifício para o conforto do usuário, a premissa básica para que se obtenha eficiência energética nas edificações, consiste em conceber edificações que ofereçam conforto aos ocupantes. (2007) indica que o Brasil necessita de um diagnóstico acerca da realidade construtiva e da utilização de edificações eficientes energeticamente.

Segundo John (2008), a concepção de edifícios eficientes depende do alinhamento entre variáveis climáticas, humanas e arquitetônicas, de modo que as soluções arquitetônicas aproveitem da melhor forma possível as potencialidades climáticas locais. Assim a envoltória representa um dos mais importantes agentes na eficiência energética.

Especificamente na etapa de pós-ocupação, o comportamento do usuário é, por diversas vezes, influenciado pelas condições apresentadas por essa envoltória da edificação (fachadas, aberturas e coberturas). A envoltória estabelece as condições de ganho de calor ou ainda de iluminação natural no interior do ambiente construído, conforme demonstram Fossati e Lamberts (2010). As propriedades térmicas dos materiais que a compõem e a orientação de suas

superfícies e suas aberturas de janelas são os principais determinantes dessa eficiência energética.

Dentre as superfícies que compõem a envoltória, as áreas envidraçadas assumem um papel de destaque. Fossati e Lamberts (2010), avaliando a envoltória de diversos edifícios pela metodologia do RTQ, concluíram que o percentual de abertura na fachada é a variável que mais causa impacto no indicador apontado para a etiquetagem do edifício. As superfícies envidraçadas são elementos que permitem a entrada da luz natural no ambiente, minimizando a quantidade de iluminação artificial requerida para o conforto do usuário. No entanto, também é um dos grandes responsáveis pelo ganho de calor no ambiente, pois a componente de luz natural proveniente diretamente do sol aumenta a carga térmica interna do ambiente.

Por esta razão, um dos índices úteis para o estudo da eficiência energética da envoltória é a relação entre a área de janela e a superfície externa de uma edificação, ou ainda, a porcentagem de área da superfície externa de uma edificação que é fechada com vidro. Denominado WWR, do inglês *window-to-wall ratio*, esse índice geométrico torna-se um elemento importante na avaliação da contribuição da energia externa para o ambiente interno (GHISI e GUINTER, 2005).

Existem diversos estudos que consideram esse índice (Nascimento, 2009; White *et al.*, 2008; Shebi, 2007; Ghisi e Guinter, 2005; Ghisi *et al.*, 2001, dentre outros). Em sua maioria, são estudos com base em simulação de ambiente padrão e deles podem ser extraídas recomendações para valores de WWR. Essas recomendações podem ser utilizadas para o cálculo da área ideal de janela para um determinado edifício, para que haja entrada de luz natural e redução no consumo de energia destinada à iluminação artificial. No entanto, apesar de existirem valores teóricos de referência, ainda há uma lacuna em pesquisas aplicadas ao setor residencial brasileiro, que se baseiem em dados reais de consumo final e que considerem as variáveis específicas de uma determinada área urbana de estudo. Ghisi *et al.*, (2001) recomendam que mais pesquisas sejam desenvolvidas para investigar a área de janela mínima para garantir vista para o exterior em função não apenas da profundidade dos ambientes, mas também em função da largura dos ambientes, da geometria, da orientação e da localização geográfica, principalmente, em função da latitude.

Dentro desse contexto, a pesquisa aqui proposta procura contribuir para que sejam obtidos valores de WWR adequados à cidade de São Carlos, tendo como fonte de dados o consumo real do usuário final. Assim, entende-se que os resultados possam gerar informações que possibilitem a melhoria da eficiência energética de edificações já em etapa de pós-ocupação.

Pela complexidade do comportamento das variáveis envolvidas e necessidade de adequação da técnica ao problema estudado, propõe-se uma modelagem através da aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA). Essa consiste em uma técnica computacional, inspirada na estrutura dos neurônios humanos, sendo capaz de identificar relações e pesos entre variáveis de entrada, que determinam a grandeza dos dados de saída. Tanto essa técnica como toda a metodologia empregada são devidamente detalhadas em capítulos específicos nessa dissertação.

Pelas justificativas expostas, delimita-se a pesquisa aqui desenvolvida como um estudo sobre eficiência energética, que considera a necessidade de economia de energia na fase pós-ocupação da construção civil, configurando-se como uma redução na etapa final da cadeia de energia elétrica.

1.3 Hipótese

A pesquisa assume a hipótese de que é possível estabelecer uma relação entre características geométricas da envoltória do edifício, mais especificamente do WWR- "Window to wall ratio", ou seja, é a relação entre a área de janela e a superfície externa de uma edificação- e o seu consumo de energia elétrica, com base no consumo final obtido na etapa de pós-ocupação.

1.4 Objetivos

Tem-se como objetivo geral verificar a influência da área de janelas no consumo de energia elétrica de edificações residenciais na fase pós-ocupação.

Como objetivos específicos destacam-se:

- identificar os principais parâmetros de eficiência energética em edificações residenciais já ocupadas, estabelecendo a importância de cada uma das fachadas da edificação residencial para o consumo de energia elétrica em São Carlos;
- identificar um índice de aberturas mais adequado para a minimização do consumo de energia elétrica em residências já ocupadas na cidade de São Carlos.

1.5 Esboço do método

Para verificar a influência da área de janelas no consumo de energia elétrica de residências, são estudados alguns domicílios localizados em uma fração urbana da cidade de São Carlos, estado de São Paulo. Tem-se como base de dados inicial a pesquisa Origem-Destino elaborada para fins de planejamento de transportes por Rodrigues da Silva (2009). Dentre os vários dados levantados por aquela pesquisa, é possível obter informações quanto ao consumo de energia elétrica para o mês do levantamento, no período de 2007 a 2009, com dados disponibilizados para cerca de 3600 residências na cidade de São Carlos. Essa base permitiu a identificação de padrões e características de consumo e possibilitou a seleção de amostras de edificações específicas para análise.

A metodologia a ser detalhadamente apresentada no capítulo 4 desenvolve-se por fases de embasamento teórico, pesquisa de campo, modelagem, simulação e análise conforme demonstrado no fluxograma da Figura 1.

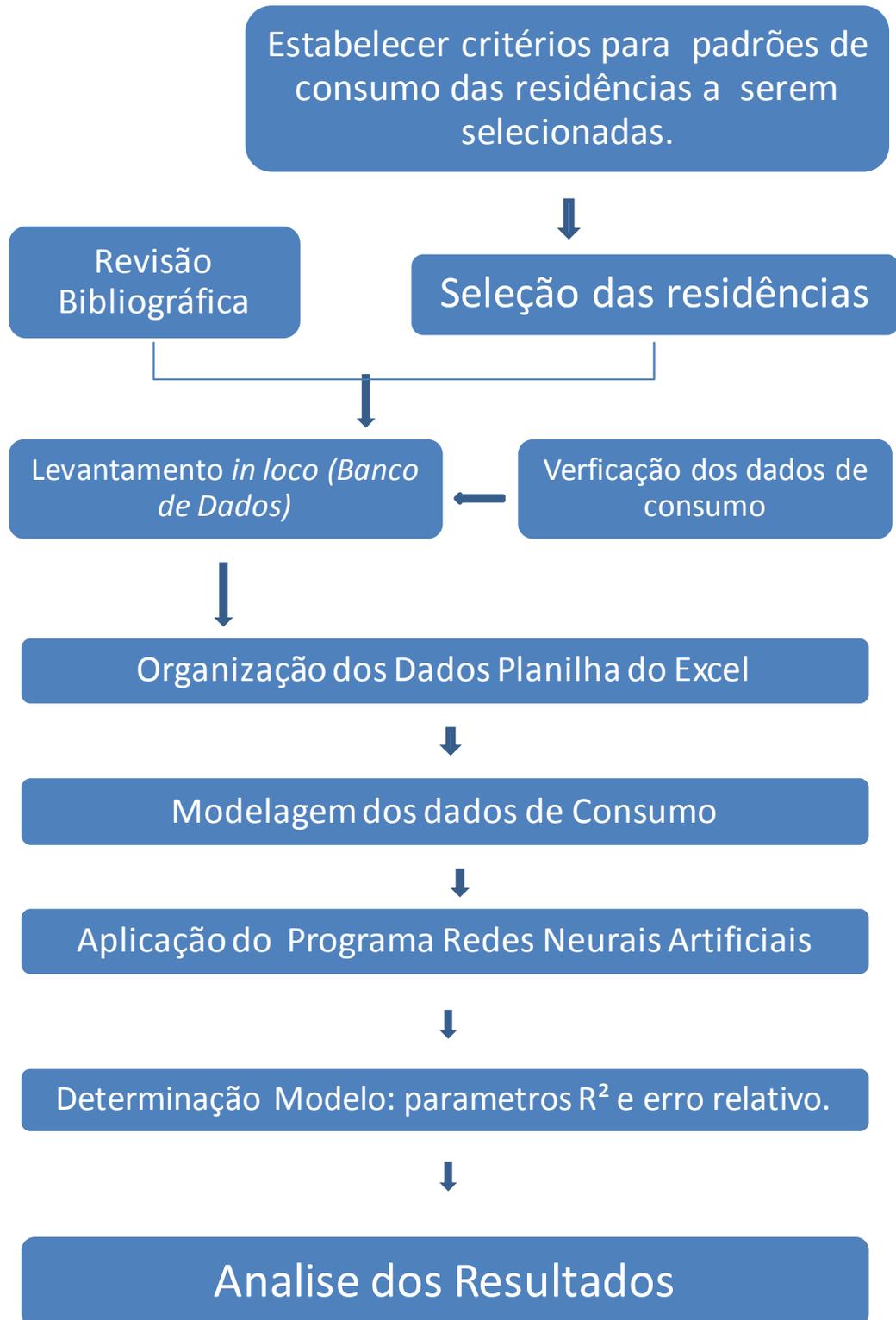


Figura 1- Etapas do Método de Pesquisa

1.6 Estruturação dos capítulos

A estruturação dos capítulos dessa dissertação tem como capítulo subsequente a esta introdução o Capítulo 2, intitulado *Variáveis de Consumo de Energia e o Papel da Envoltória*. Ele apresenta uma revisão bibliográfica dos conceitos necessários para o estudo deste trabalho. Aponta uma discussão sobre condicionantes não componentes da envoltória e condicionantes componentes da envoltória. Aborda as variáveis climáticas e de ocupação e as variáveis construtivas. É dado um enfoque maior ao estudo da variável de interesse, o *WWR*.

O Capítulo 3 apresenta os conceitos sobre Redes Neurais Artificiais (RNA) e apresenta o software a ser aplicado. Enquanto toda a Metodologia é descrita no capítulo 4.

O Capítulo 5 contém os resultados e análises efetuadas a partir da modelagem por RNA e realizadas com base na amostragem de quarenta e seis residências. Nesse capítulo são extraídas as principais relações entre o *WWR* e o consumo de energia elétrica.

Finalizando, são feitas considerações finais e listadas as referências bibliográficas, sendo complementadas pelo apêndice.

2. VARIÁVEIS DE CONSUMO DE ENERGIA E O PAPEL DA ENVOLTÓRIA

Entende-se por *eficiência energética* como a oferta de um serviço, mantendo o nível de qualidade e reduzindo o consumo da energia disponível. A aplicação desse conceito em edificações envolve o atendimento às necessidades dos usuários com redução no consumo de energia elétrica, tanto na realização de atividades diárias, quanto na obtenção de conforto ambiental. Pode-se dizer que as ações voltadas para a obtenção da eficiência energética nas edificações estão apoiadas na utilização dos recursos energéticos presentes no meio ambiente (radiação solar, ventos, água, matéria orgânica, etc.). Nesse contexto, a envoltória das edificações exerce um papel determinante da sua eficiência energética.

Considerando-se a envoltória composta por suas paredes, coberturas e aberturas, este capítulo divide as variáveis de consumo de energia elétrica no edifício em dois tipos: condicionantes não componentes da envoltória e condicionantes componentes da envoltória (Figura 2). As condicionantes não componentes da envoltória referem-se às variáveis climáticas (de localização e urbanas) e de ocupação (equipamentos e número de pessoas), enquanto as condicionantes componentes da envoltória são variáveis construtivas (orientação, materiais, aberturas, etc.). É dado enfoque mais aprofundado àquelas que compõem a envoltória, procurando destacar o objeto de estudo específico denominado *window-to-wall-ratio (WWR)*.

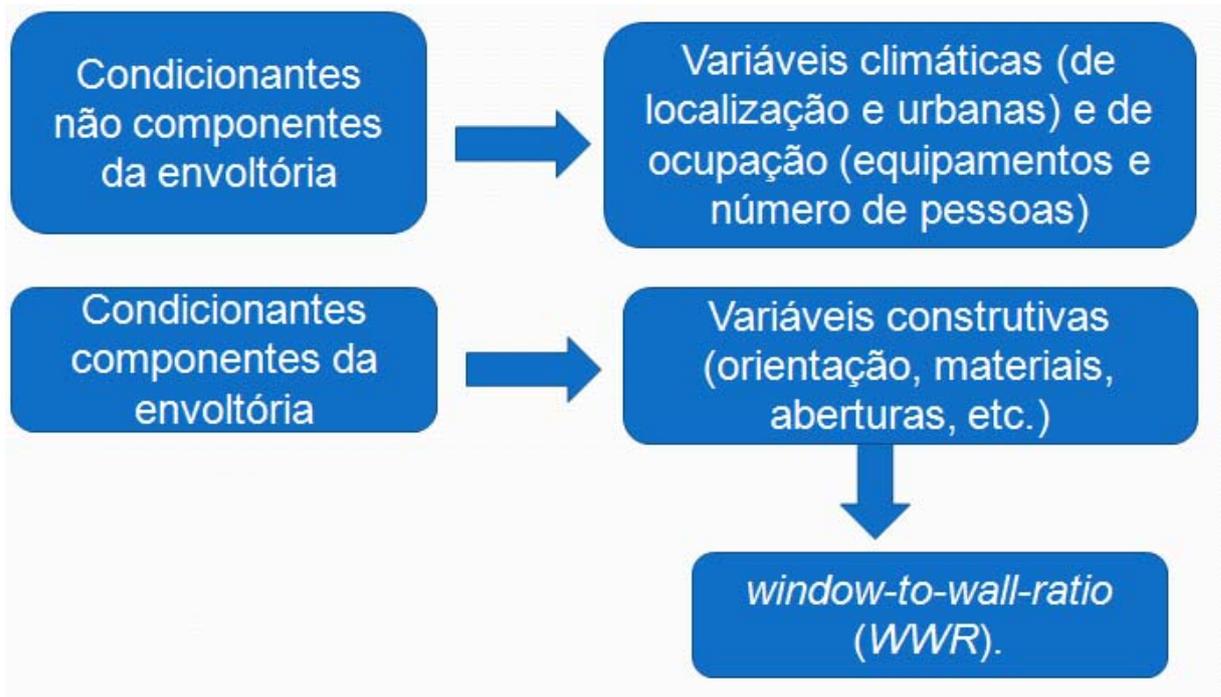


Figura 2: Quadro Representativo da abordagem do Capítulo.

2.1 Condicionantes não componentes da envoltória

Condicionantes climáticas e de ocupação influem no consumo de energia de uma edificação, porém não são componentes de construção da envoltória. As condicionantes climáticas estão associadas à localização geográfica e ao entorno urbano. Os elementos climáticos têm um papel importante no consumo de energia, porque estabelecem condições térmicas e lumínicas que se diferenciam de uma região para outra. A radiação solar, a temperatura, o vento e a umidade interagem, estabelecendo ganhos de luz e calor diferenciados nas edificações.

A latitude e a altitude do local de implantação do edifício determinam a quantidade de energia solar recebida, conforme a época do ano, das condições atmosféricas e do ângulo de incidência dos raios solares, portanto, determinando a carga térmica incidente na edificação. Quanto menor a latitude e mais próxima do equador, maior a radiação solar recebida. Da mesma forma, o aumento da altitude também incorre em maior quantidade de energia recebida; por outro lado, em menor capacidade de retenção de calor pela atmosfera. Em média, a cada 100 m de altura ocorre uma queda de 0,6°C na temperatura.

O entorno urbano e sua configuração, sendo o ambiente externo à envoltória, exerce influência como uma determinante microclimática, que gera as

condições de ventilação, insolação e sombreamento. Almeida *et al.*, (2004) demonstraram que o acesso solar de edificações implantadas em faixa é menor do que aquelas em meio de lote. Souza, Leme e Pedroti (2005) complementaram, mostrando que a própria implantação do eixo da via urbana pode acarretar diferenças de consumo, tendo sido encontrado cerca de 34% mais consumo para edificações em vias implantadas sobre o eixo NE-SO (60° em relação ao Norte) do que para aquelas a NO-SE (150° em relação ao Norte). Além disso, recuos maiores podem aumentar o potencial de circulação do vento e de iluminação natural, conforme apontam Duarte e Serra (2003).

Soma-se ainda a essas relações, o papel exercido pela vegetação do entorno. A vegetação pode promover o sombreamento, alterar o microclima, aumentando a umidade e minimizando a radiação solar, a temperatura média e a quantidade de luz disponível. Segundo Borges (2006), a vegetação contribui de forma significativa no estabelecimento dos microclimas, estabilizando os efeitos do clima sobre seus arredores imediatos e reduzindo os extremos.

Feitosa *et al.*, (2011), em seu estudo para Teresina, afirmam que, com a expansão e perda de parte da vegetação, de 1989 a 2009 verificou-se um aumento de áreas aquecidas. Segundo Rocha (2007), a vegetação tem menor capacidade calorífica e condutividade térmica que os materiais dos edifícios. Assim, a radiação solar é, em grande parte, absorvida pelas folhas, e a reflexão é pequena. Além disso, a taxa de evaporação é muito mais alta nas áreas verdes que nas sem plantas; as folhas podem filtrar a poeira e a contaminação do ar e, por fim, a vegetação reduz a velocidade do vento e as flutuações próximas do solo.

Desta forma, o entorno urbano do envoltório exerce papel primordial na eficiência energética do edifício. Por outro lado, no ambiente interno da envoltória, um dos fatores mais importantes no consumo do edifício é o próprio usuário. As atividades, o padrão de renda, o comportamento e o número de usuários, juntamente com o número de equipamentos e potencial instalado, determinam as tendências de consumo do edifício. Toledo *et al.* (1995) enfatiza que estabelecer parâmetros relativos às condições de conforto térmico requer incorporar, além das variáveis climáticas, as temperaturas das superfícies presentes no ambiente e a atividade desenvolvida pelas pessoas.

Nascimento (2009), por exemplo, verificou que o consumo anual em escritório sofreu mais influência devido às alterações de variáveis de uso e ocupação, do que das variáveis construtivas. O consumo de energia aumentou ou reduziu de 10% a 30% nos parâmetros de uso e ocupação, enquanto para os parâmetros construtivos, estes valores mantiveram-se entre 0,57% e 13,23%. As variáveis construtivas influenciaram em mais de 13% no consumo de energia anual do escritório analisado. O mesmo autor verificou ainda que para manter o ambiente interno em zona de conforto, o consumo de energia para resfriamento foi muito próximo do consumo de energia para a iluminação ou para os equipamentos.

De acordo com Costa (2007), no Brasil as edificações residenciais e comerciais são responsáveis por cerca de 42% do consumo de energia elétrica. Grande parte dessa energia é consumida para proporcionar conforto ambiental (iluminação e climatização), além de acionar equipamentos elétricos no interior das edificações. A fim de alcançar a redução no consumo de energia nesses ambientes, é necessário atuar em diversos aspectos que o originam, tais como hábitos dos usuários, arquitetura da edificação, equipamentos elétricos utilizados, atividades realizadas. É possível atuar tanto nas edificações comerciais quanto nas residenciais; entretanto, existe uma flexibilidade maior no ambiente residencial, devido às diferentes características de consumo de energia elétrica existente entre ele e o ambiente comercial. Primeiro, a densidade de pessoas que ocupam esses espaços, ao longo do dia, é diferente; segundo, a função da edificação influencia diretamente no consumo de energia elétrica, devido à quantidade e ao tipo de equipamentos elétricos utilizados em cada ambiente, como também o tipo de atividade realizada diariamente.

2.2 Condicionantes componentes da envoltória

A envoltória do edifício, embora não consuma energia, está relacionada com os ganhos de carga térmica pelas fachadas e pela cobertura, o que ocasiona um maior consumo de energia pelo sistema de ar condicionado (Lima, 2007; Cavalcanti, 2010; Pinheiro, 2010). Por outro lado, as aberturas contribuem para a redução do uso dos sistemas de iluminação artificial.

Toledo *et al.*, (1995) indica que Deringer *et al.*, (1992) elabora uma lista das variáveis do consumo, dentre as quais, as que podem ser caracterizadas como componentes da envoltória são: número de pavimentos dos edifícios, orientação da maior fachada, volume, área construída, área da maior fachada, fator solar do vidro existente nas aberturas da maior fachada, área de cobertura e o *window-to-wall ratio* (*WWR*). Algumas dessas variáveis são destacadas nos subtópicos desse item.

2.2.1 Variáveis de orientação, altura e forma da envoltória

Conforme a orientação da envoltória, a radiação e os ventos podem favorecer as condições do ambiente interno, determinando a utilização de equipamentos consumidores de energia elétrica. Para Mascaró (1985), o aumento do consumo energético pode chegar a 46% se a orientação for desfavorável.

Souza e Pizarro (2001), utilizando a técnica computacional de Redes Neurais Artificiais, verificaram que variações nos ângulos das fachadas corresponderam a uma variação no consumo de energia em até 83% no inverno e 6% no verão.

Na pesquisa de Nascimento (2009) é apontado que a orientação nordeste foi a que apresentou maior consumo de energia, seguida pela noroeste, sudeste e sudoeste. Ainda naquele estudo, alterando-se a forma da planta base do escritório pesquisado de retangular para quadrada, para a fachada nordeste ocorreu um aumento no consumo; para as demais, uma redução de 0,13 a 1,14%. Mascaró (1985) já indicava que a orientação está diretamente relacionada à forma do edifício e que à medida que a forma se torna mais compacta, a carga térmica recebida pelo edifício aumenta, sendo máxima quando a orientação das fachadas principais é leste-oeste e o edifício é alongado.

Quando considerada a questão da altura dos pavimentos, Souza e Yamaguti (2007) estudaram unidades residenciais na cidade de Bauru-SP e observaram que as implantadas a NO-NE sofrem mais influência do que as demais. Para essa orientação houve redução do consumo até 24 metros de altura. Acima de 24 m, a queda se estabilizou, indicando que a melhor eficiência energética devido ao incremento da altura ocorreu para apartamentos a NO-NE, somente até o oitavo pavimento.

2.2.2 Variáveis dos materiais construtivos da envoltória

Os materiais construtivos que compõem a envoltória apresentam características de comportamento frente ao calor e à luz no desempenho do edifício e conseqüentemente no seu consumo de energia.

Uma dessas características é a condutividade térmica ($W/m.K$), que define a capacidade do material em conduzir o calor. A partir da diferença de temperaturas nas superfícies do material, é gerado um fluxo de calor, de forma que a condutividade térmica é a quantidade de calor que atravessa um metro linear do material, em uma unidade de tempo, para cada unidade de temperatura. A relação entre a espessura do elemento construtivo e a condutividade térmica, revela a capacidade do material em resistir à passagem de calor, sendo por isso uma característica denominada resistência térmica. O inverso da resistência térmica total (considerando inclusive as trocas por convecção nas superfícies do material) determina a transmitância térmica.

O cálculo da transmitância térmica é detalhadamente apresentado pela NBR-15.220 (ABNT, 2005), tanto para superfícies que apresentam camadas homogêneas ou aquelas compostas por camadas homogêneas e não homogêneas. Aquela norma estabelece valores limites de transmitância térmica em função da zona climática em que se encontra a edificação.

Um estudo sobre transmitância é encontrado em Mascarenhas *et al.*, (2003), que investigaram a inclusão de parâmetros para melhorar a eficiência energética da envoltória no código de obras da cidade de Salvador - BA. Esse estudo sugere dois limites para paredes externas naquela cidade: para as paredes externas leves, o valor máximo de transmitância de $1,2 W/m^2.K$; para as paredes com valores de capacidade térmica mínima de $12 kJ/kg.K$, o valor máximo de $3,7 W/m^2.K$. Para valores de referência, a NBR 15220 estabelece que climas correspondentes à zona bioclimática em que se encontra Salvador devem apresentar transmitância térmica equivalente a uma parede leve, ou seja, de valor menor ou igual a $3 W/m^2. K$.

Outra propriedade dos materiais com relação ao comportamento energético é a capacidade térmica. Essa é a quantidade de calor necessária para

variar a temperatura do sistema em uma unidade (J/K), enquanto o calor específico é o quociente da capacidade térmica pela massa (J/kg. K). Essas características vão influir em uma das mais importantes propriedades dos materiais que é a inércia térmica. A inércia térmica integra duas propriedades térmicas ao mesmo tempo, o atraso na transmissão da onda de calor e o amortecimento. Uma construção terá maior inércia térmica, quanto maior for a espessura de suas paredes.

Baltar (2006) aponta a importância de medidas como a utilização de materiais de grande inércia térmica, como alternativa para a eficiência energética em determinados tipos de clima. Papst (1999) verificou que o uso de inércia térmica em edificações residenciais na cidade de Florianópolis - SC, que possui clima com verão quente e úmido e frequentes entradas de frentes frias, era uma importante estratégia bioclimática durante todo o ano. A análise dos dados coletados indicou que a inércia térmica além de ser uma estratégia importante para o inverno também tem efeito positivo no verão, quando usado em fechamentos laterais da edificação. Caso a cobertura possua inércia térmica, é mais importante evitar o ganho térmico decorrente da radiação solar, seja por barreiras radiantes, seja pelo uso de isolamento térmico.

Por outro lado, quanto à radiação térmica de ondas longas, uma vez que o material atinja temperatura mais alta que o seu entorno, esses são capazes de emitir calor. Essa é uma característica denominada emissividade e que, independente da cor, guarda determinada relação com o polimento da superfície. Em geral as superfícies polidas têm baixa emissividade. Por exemplo, o alumínio polido tem uma emissividade de 5%, enquanto o cobre polido comercial de 7%.

Quanto ao comportamento ótico do material quando submetido diretamente à radiação solar, observa-se que, quando a energia solar atinge uma superfície, parte da radiação é absorvida (absortância), outra parte refletida (refletância) e/ou transmitida (transmitância à radiação solar). A parte refletida depende diretamente da cor e polimento da superfície, de forma que quanto mais clara e mais polida a superfície, maior a sua capacidade de reflexão.

A absortância, ou seja, “o quociente da taxa de radiação solar absorvida por uma superfície pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície” (NBR-15.220, ABNT, 2005), teve sua importância demonstrada por Cheng *et al.*, (2005). Aqueles pesquisadores construíram duas caixas de

madeira com paredes laterais, com 20 mm e 25 mm de espessura de isolamento, sendo uma caixa pintada na cor preta e outra na cor branca. A caixa pintada na cor preta alcançou temperatura interna de 12°C maior que a caixa pintada na cor branca. A temperatura interna da caixa branca variou sempre próximo aos valores da temperatura ambiente. Ao acrescentar internamente um bloco de 90 mm de concreto, a caixa com pintura preta apresentou uma variação da temperatura interna de 2°C acima da temperatura ambiente, e a caixa pintada na cor branca, 3°C abaixo da temperatura ambiente. A diferença entre as duas caixas foi reduzida pela metade.

Um estudo realizado por Santana (2009) em Florianópolis, aplicando simulações computacionais desenvolvidas com o software EnergyPlus, permitiu demonstrar que cada variação de 10% para a absorvância das paredes externas representou um aumento no consumo de energia de 1,9%. Quando analisadas as cargas de resfriamento relacionadas à transmitância térmica e à absorvância do pavimento de cobertura, as variações foram ainda mais significativas. Ao aumentar a transmitância térmica da cobertura em 10%, o aumento da carga de resfriamento foi de 8%. Para a absorvância da cobertura, a cada acréscimo de 10%, a carga de resfriamento aumentou em 14%. Comparando modelos com paredes claras e escuras, o consumo de energia variou em 15,1%.

No estudo de Nascimento e Barbosa (2009), quando a absorvância das paredes foi alterada de 50% para 20%, o consumo de energia foi reduzido em média 4,6%. Quando a absorvância foi aumentada para 80%, o consumo de energia elevou-se em média 4%. Com o dobro do valor da transmitância térmica, o consumo de energia aumentou aproximadamente 2%, sendo este valor verificado no aumento da carga para resfriamento da sala. Para a transmitância térmica das paredes externas de 5 W/m². K houve aumento de 4% no consumo de energia.

Tanto para a transmitância térmica como para absorvância da envoltória, existem vários estudos na área que podem exemplificar e trazer contribuições importantes, alguns deles podem ser citados: Roriz (1999), Dornelles (2006), Krüger (1999), dentre outros.

Quanto à transmissão da radiação solar através da superfície, essa só é uma propriedade considerada para superfícies transparentes ou translúcidas (como vidros). Segundo Bogo (2009), a luz natural transmitida através dos vidros é influenciada pela direção de incidência sobre o material e para cada comprimento de

onda de radiação. As superfícies de vidro, como apontado por Castro *et al.*, (2007), permitem a passagem de luz, mas não permitem a passagem das ondas longas de calor que são emitidas pelas superfícies internas do edifício depois de aquecidas. Este processo gera armazenamento de calor nos ambientes internos. Por essa razão, a proporção adequada de áreas envidraçadas é um dos desafios enfrentados para a eficiência energética nas edificações. Straube (2008) comenta que o uso do vidro em fachadas de edifício é um problema clássico, que visa equilibrar o desejo de conforto térmico e visão da luz do dia, eficiência energética e da conectividade com o ar livre.

Uma forma de analisar a transmissão propiciada pelas superfícies transparentes ou translúcidas é através de uma propriedade denominada fator solar, que representa a razão entre a taxa de radiação solar transmitida através de um componente e a taxa de radiação solar total incidente em sua superfície externa. Como essa propriedade tem implicação direta nas janelas das edificações, será melhor exemplificada no tópico subsequente, específico sobre as variáveis de aberturas.

2.2.3 Variáveis das aberturas: *window-to-wall ratio (WWR)*, fator solar e sombreamento

O aumento das dimensões das aberturas implica em um aumento da iluminância interna e também nos ganhos e perdas de carga térmica dentro da edificação. Segundo Ghisi *et al.*, (2001), a área de janela recomendada na literatura para garantir iluminação exterior é, na maior parte dos casos, inadequada, pois tende a ser maior do que aquela simulada para garantir eficiência energética. Por isso, conforme ressalta Muller (2007), o projetista deve analisar o tamanho das aberturas e a necessidade de sombreamento, para evitar a incidência da radiação solar direta, levando-se em conta que as aberturas funcionam como uma “ponte” entre as condições climáticas internas e externas.

Um dos parâmetros de projeto que pode ser utilizado para verificação da eficiência energética da área de janelas é o *window-to-wall ratio (WWR)*. Conforme mencionada anteriormente, o *WWR* estabelece uma relação entre a área de janela e a área de fachada que, representa a porcentagem da área da envoltória

que é coberta por superfícies envidraçadas. A Figura 3 apresenta um exemplo de cálculo para o *WWR*.

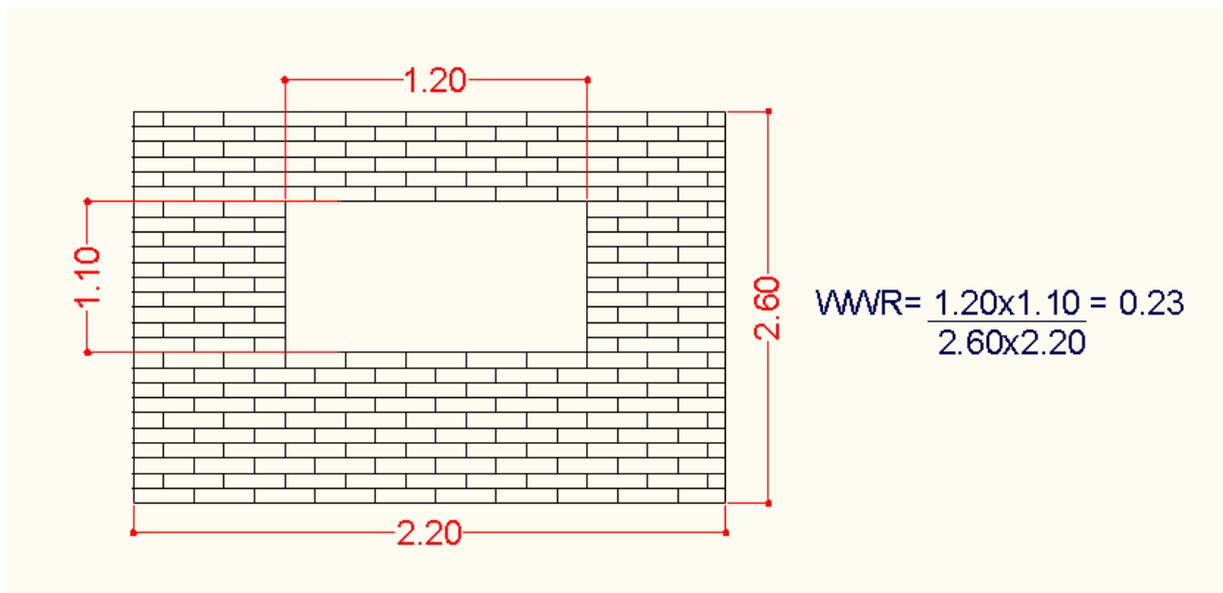


Figura 3: Exemplo de cálculo do *WWR* de uma parede.

Encontram-se tamanhos de janelas recomendados no Código de Prática para Iluminação Natural BS 8206 -2 (1992). O CIBSE (1998), com base na tabela do BS 8206 -2 (1992) sugerem que para minimizar o consumo de energia em uma construção, a área de janela deve ser limitada a 30% da área da fachada. Ghisi *et al.* (2005) e Bell e Burt (1995) ressaltam que há um tamanho limite abaixo do qual a janela não fornece uma visão, dependendo da distância onde se encontra a janela. Ghisi e Guinter (2005), citados por Gratia e Herde (2003), complementam que o tamanho das janelas, a forma da edificação, a profundidade e a altura das janelas podem dobrar o consumo de energia de uma edificação.

White *et al.*, (2008) procuraram desenvolver várias técnicas de modelagem gráfica para otimizar as componentes da envoltória do edifício e propuseram um valor inicial de área de janela necessária para a fase de concepção do projeto (Figura 4).

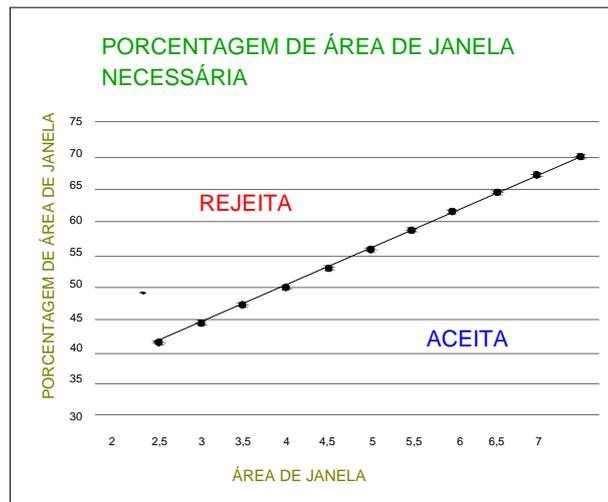


Figura 4: Área de Janela Necessária

Fonte: WHITE *et al.*, 2008.

Fossati & Lamberts (2010), realizando o estudo com base na regulamentação para a etiquetagem do edifício, observaram que o percentual de abertura na fachada é a medida de conservação de energia de maior relevância para a eficiência do edifício. Quanto maior o percentual de abertura, menor tendeu a ser o nível de eficiência da envoltória, quando nenhuma outra medida construtiva foi utilizada para amenizar tal efeito. Nesse caso, a orientação das fachadas deve ser atrelada ao percentual de abertura, uma vez que, se a orientação for favorável, as aberturas poderão possuir áreas maiores. Com os resultados obtidos, foi demonstrado que grandes percentuais de abertura na fachada oeste podem comprometer a eficiência da envoltória. Nos edifícios avaliados pelos autores, aqueles que obtiveram menores classificações (classificação D pelo RTQ) foram aqueles com áreas de abertura de 55%, 51% e 49%. Já os edifícios com baixo percentual de abertura obtiveram classificação A, com áreas de janelas de 17% e 19%. Esses índices são discutíveis em função da região climática e necessidade de ventilação natural.

Carlo (2007) conclui que o consumo de energia aumenta com o aumento da área das janelas, enquanto Santana (2009) esclarece que para cada 10% no acréscimo da área de janela, há um aumento de 2,9% no consumo de energia.

Os valores de *WWR* podem variar muito conforme o clima. Nos climas frios, por exemplo, a área de janela considerada ideal, segundo Love e Tian (2009) são limitadas a 40% da área de fachada, considerando uma boa orientação do

edifício. Em orientações que recebem radiação solar direta, produzindo enorme variabilidade de cargas, esta relação tende a mudar para 20 a 25%, se combinada com ganho de calor e desempenho superior da ventilação, aquecimento e sistemas de refrigeração. Os autores completam ainda, afirmando que isso reduziria os custos de energia em locais onde a energia elétrica é utilizada para o aquecimento.

Estudo realizado no Egito, por Shebi (2007), avalia a relação entre a área de janela (*WWR*) e o consumo de energia para edifícios comerciais e residenciais situados nas regiões da Alexandria, Cairo e Assunção. Para valores baixos de *WWR*, foram encontrados consumos de energia mais baixos. O valor limite indicado para edifícios residenciais foi de 17%, enquanto para edifícios comerciais foi de 20%.

Nascimento e Barbosa (2009), estudando um escritório como caso base, localizado na Cidade de Londrina-PR, promoveu uma análise do consumo em função da variação do *WWR* e da orientação, conforme apresentado na Tabela 1 (para maior consumo, valores positivos e para menor consumo, valores negativos).

Tabela 1: Resultados do consumo de energia alteração da *WWR* em kWh. Fonte: NASCIMENTO, 2009.

| <i>WWR</i> | Orientação | Consumo Anual | Alteração do Consumo em relação ao Caso Base |
|------------|------------|---------------|--|
| 10% | Nordeste | 5766 | -4,66% |
| | Noroeste | 5687 | -4.50% |
| | Sudeste | 5570 | -3.45% |
| | Sudoeste | 5415 | -3.32% |
| 20% | Nordeste | 6202 | 2.55% |
| | Noroeste | 6096 | 2.37% |
| | Sudeste | 5919 | 2.60% |
| | Sudoeste | 5735 | 2.39% |
| 40% | Nordeste | 6956 | 15.01% |
| | Noroeste | 6813 | 14.41% |
| | Sudeste | 6512 | 12.88% |
| | Sudoeste | 6287 | 12.25% |

Procurando entender a influência da maior fachada do edifício no consumo de energia elétrica através do estudo do *WWR* e do fator solar dos vidros, Toledo *et al.*, (1995) levantou várias características para 12 edifícios de escritórios na cidade de Florianópolis-SC. A partir da análise de um gráfico que representa o consumo de energia para edificações (Figura 5), com $3 < V/AC < 5^2$ em função do *WWR*, nos períodos seco e úmido, respectivamente, a curva representou um ponto de mínimo ($WWR=60\%$), indicando que existe um valor ótimo de *WWR* para projeto, que minimiza o consumo de energia na edificação. Valores tanto abaixo quanto acima de $WWR=60\%$ implicam em maior consumo de energia. Quando o *WWR* é menor do que esse valor, há necessidade da iluminação artificial para compensar a falta da luz natural. Por outro lado, a maior área envidraçada (*WWR* acima de 60%) aumenta os ganhos térmicos pelas aberturas, resultando em maior uso do ar condicionado.

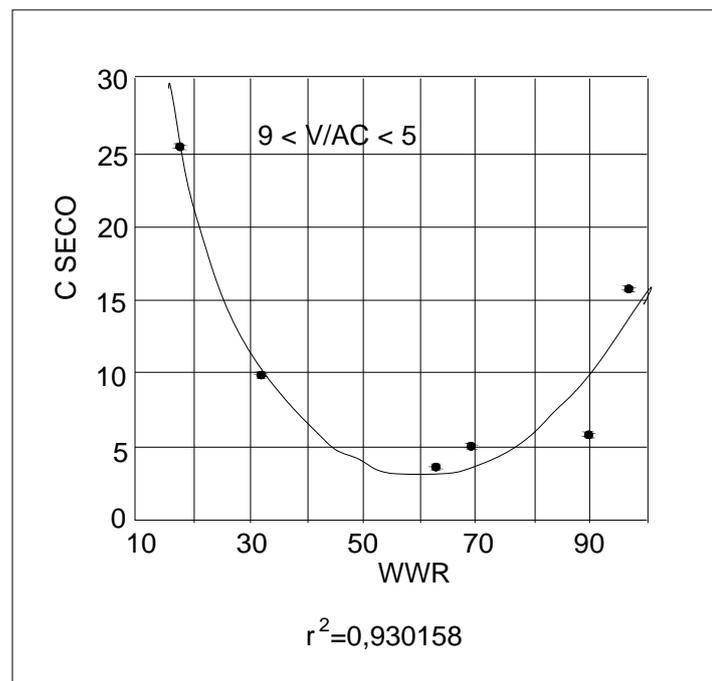


Figura 5: *WWR* (%) x Consumo de Energia no Período Seco (kWh/m². Mês).

Fonte: TOLEDO, *et al.*, 1995.

² $V/AC = \text{Volume}/\text{Área Total Construída}$.

Lam (2000) por simulação, utilizando o programa de computador DOE-2 constataram que a carga de resfriamento devido ao ganho de calor através das janelas de um edifício residencial alto foi de 45% da carga de resfriamento total. A carga de resfriamento devido aos ganhos de calor através das janelas de edifícios residenciais representou 40% da carga térmica total. Para um edifício comercial, os ganhos de calor através da janela representaram quase 50% dos ganhos através do envelope da edificação.

Enquanto Marinowski *et al.*, (2005) indicam que o fator solar dos vidros proporciona ganho térmico dentro da edificação, considerando ou não a existência do dispositivo de sombreamento nas aberturas, Lam *et al.*, (1997) aponta a importância do coeficiente de sombreamento dos vidros serem considerados juntamente com a área de janela.

A presença e o tipo de vidro aplicado, quando analisado por Nascimento e Barbosa (2009), revelaram que para o vidro fumê de 3 mm, o consumo foi reduzido quase 2%. Com o uso de um vidro reflexivo de 6 mm, a redução foi de 8,2%. Quanto ao uso de proteção solar, os modelos simulados, horizontais e verticais de 50 e 100 cm em todas as esquadrias, apresentaram como resultado, a redução no consumo de energia, com uma variação de 1,4 a 2,8%.

Nas tabelas 2, com base em Carlo *et al.*, (2004), são apresentados alguns limites do fator solar (FS) para janelas verticais, de acordo com o percentual de área de janela na fachada (WWR^3), e de acordo com a orientação geográfica da abertura. A tabela 3 apresenta os fatores de projeção⁴ (FP) de brises horizontais relacionados ao fator solar e ao WWR para a fachada oeste. Os limites da fachada oeste são maiores, por ser a orientação cujas aberturas provocam um maior aumento no consumo.

³ No texto original, Carlo *et al* (2004) traduzem o *window-to-wall-ratio* (WWR) para o português, adotando o termo percentual de janela na fachada (PJF). Para manter a coerência da linguagem adotada no texto dessa dissertação, foi mantido o WWR.

⁴ Razão entre a profundidade da projeção horizontal de um elemento de proteção solar colocado acima do vão pela soma da altura desse vão e a distância vertical ao ponto mais externo do elemento. CARLO *et al* (2004).

Tabela 2: Limites máximos de fator solar de janelas propostos para o Código de obras do Recife em função da área de janela e da orientação. Fonte: CARLO *et al.*, 2004.

| Orientação | Fator solar máximo | | | |
|--------------------|--------------------|--------------|--------------|---------------|
| | ↙ <i>WWR</i> ⇒ | 40,01% a 60% | 60,01% a 80% | 80,01% a 100% |
| Norte, Leste e Sul | | 0,77 | 0,39 | 0,2 |
| Oeste | | 0,41 | 0,41 | 0,17 |

Tabela 3: Alguns limites mínimos do fator de projeção das janelas orientadas a oeste em função do percentual de área de janela na fachada e do fator solar. Fonte: CARLO *et al.*, 2004.

| FS | Fator de projeção | | | | |
|------|-------------------|---------|--------------|--------------|---------------|
| | ↙ <i>WWR</i> ⇒ | Até 40% | 40,01% a 60% | 60,01% a 80% | 80,01% a 100% |
| 0,87 | | 0 | 0,7 | 0,98 | 1,16 |
| 0,61 | | 0 | 0,37 | 0,7 | 0,92 |
| 0,57 | | 0 | 0,3 | 0,64 | 0,87 |
| 0,35 | | 0 | 0 | 0,26 | 0,53 |
| 0,26 | | 0 | 0 | 0 | 0,33 |
| 0,22 | | 0 | 0 | 0 | 0,21 |

Carlo *et al.*, (2004) concluíram que o compromisso entre ganho de luz natural e redução da carga térmica pode ser atendido com a qualidade do projeto. Portanto, conforme apresentado nesse capítulo, as variáveis condicionantes da envoltória podem variar conforme o local e índice estudado. Por isso, não existem valores conclusivos, mas sim estudos de caso para locais específicos.

3 A SIMULAÇÃO POR REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

Uma Rede Neural Artificial (RNA), segundo Haykin (2011), é capaz de simular as funções do cérebro humano ao desempenhar uma tarefa através dos neurônios. Os neurônios são as unidades de processamento da rede, que possuem a capacidade natural de armazenar conhecimento através da experiência e torná-lo disponível para o uso.

Brondino (1999) define as RNAs como técnicas computacionais que apresentam um modelo matemático inspirado na estrutura neural do cérebro e que vão adquirindo experiência com o passar do tempo. Silva *et al.* (2004) as define como "sistemas de equações, geralmente não lineares, interligadas, em que o resultado de uma equação é o valor de entrada para várias outras da rede".

Para Silva *et al.*, (2004), a semelhança entre as RNAs com o cérebro humano é de que as redes armazenam o conhecimento a partir do processo de aprendizagem estabelecido nas conexões, chamadas de sinapses. A capacidade de processamento de informação torna possível que as redes neurais resolvam problemas complexos.

As RNA conseguem reproduzir uma função com muitas variáveis e elaborar uma relação entre elas. Por essa razão, para Brondino (1999) a RNA pode ser utilizada com um grande potencial para a simulação em relação aos modelos estatísticos convencionais, mesmo sem um grande conhecimento do usuário.

3.1 Origem das RNAs

As Redes Neurais Artificiais fazem parte e se utilizam da Inteligência Artificial, que pertence à classe de aprendizado mecânico (Coutinho Neto, 2000). Segundo Kovacs (2006), as RNAs permitem a solução de problemas multidisciplinares, envolvendo aspectos estatísticos e computacionais, assim como os dinâmicos e de otimização.

Segundo Silva *et al.*, (2004), a história das RNA começa com três das mais importantes publicações iniciais: McCulloch e Pitts (1943), Hebb (1949), e Roseblatt (1958). Chanchetti (2010) reafirma esse ponto de origem, quando diz

que estas publicações introduziram, respectivamente, o primeiro modelo de redes neurais simulando “máquinas”, o modelo básico de rede de auto-organização, e o modelo Perceptron de aprendizado supervisionado. Alguns históricos sobre a área costumam suprimir os anos 1960 a 1970 e apontar um reinício da área com a publicação dos trabalhos de Hopfield (1982). São relatadas a utilização de redes simétricas para otimização e citados Rumelhart, Hinton e Williams, que introduziram o método Backpropagation.

Entretanto, para se ter um histórico completo, devem ser citados alguns pesquisadores que realizaram, nos anos entre 1960 e 1970, importantes trabalhos sobre modelos de redes neurais em visão, memória, controle e auto-organização, tais como: Amari, Anderson, Cooper, Cowan, Fukushima, Grossberg, Kohonen, Von der Malsburg, Werbos e Widrow.

3.2 Neurônio biológico e neurônio artificial

O neurônio é uma célula do sistema nervoso, sendo responsável pelo impulso nervoso. Ele possui ligação com outros neurônios. Passa a informação específica de um para outro neurônio, quando é para executar uma determinada tarefa. Ele não é uma célula qualquer. Ele realiza funções especiais, porque possui extensões dentro do cérebro.

O neurônio, segundo Kovacs (2006), possui as seguintes partes, que estão dentro do corpo celular (que se denomina soma e que é o centro dos processos metabólicos da célula nervosa): os dendritos, membrana exterior de um neurônio com uma forma de ramos extensos; o axônio, também chamado de fibra nervosa, que é a responsável pela transmissão dos sinais elétricos de um neurônio para outro; e os telodendritos (Figura 6).

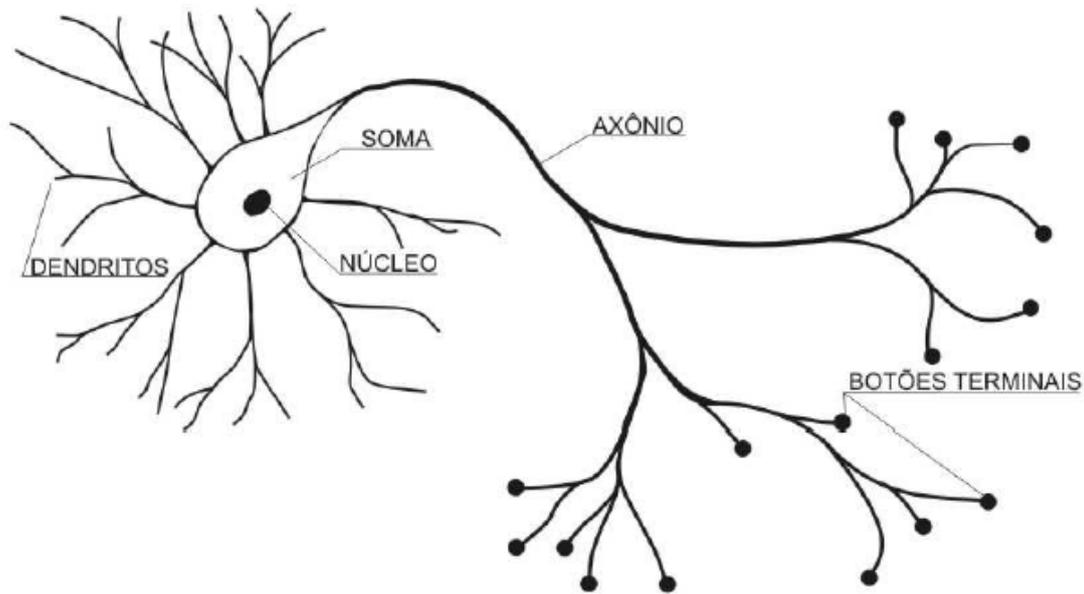


Figura 6: representação básica do neurônio biológico

Fonte:MEDEIROS, 2006.

Os neurônios artificiais são as unidades de processamento das Redes Neurais. O neurônio artificial é uma estrutura lógico-matemática, que procura simular a forma, o comportamento e as funções de um neurônio biológico. Os dendritos são as entradas, cujas ligações com o corpo celular artificial são realizadas através de elementos chamados de peso, que vai simular as sinapses. Comparado ao neurônio biológico, a função soma processa os estímulos captados pelas entradas, e a função de transferência substituiu o limiar de disparo do neurônio biológico. O conjunto de diversos neurônios artificiais gera o que se chama de rede neural artificial.

3.3 Estrutura e elementos de uma RNA

Segundo Silva *et al.*, (2004), os principais componentes da RNA, de acordo com Rumelhart e McClelland (1986), são: conjunto de elementos de processamento, estado de ativação, função de saída para cada elemento de processamento, ligações entre elementos de processamento, propagação e função da combinação, ativação, aprendizagem e ambiente onde o sistema opera.

Como aponta Nakata (2006), as RNA são formadas por elementos de processamento interligados, os neurônios artificiais, os quais estão dispostos em

camadas (Figura 6). Usualmente, as camadas são classificadas em três grupos: camada de entrada, formada pelo conjunto de dados; camadas intermediárias, onde é realizado o processamento, através das conexões ponderadas, podendo ser consideradas como extratoras de características; e camada de saída, que apresenta o resultado final. Os elementos de processamento, neurônios artificiais, devem ser estruturados por camadas, número de elementos de processamento por camada, tipo de ligação entre elementos de processamento e nível de conectividade.

Os neurônios artificiais são semelhantes aos neurônios biológicos quanto às suas funções dentro de uma RNA. Eles são constituídos basicamente por uma função de combinação, formada pela informação de entrada do neurônio e uma função de transferência. Cada neurônio numa RNA possui um estado de ativação, responsável pela transmissão do sinal de um neurônio aos demais a ele conectados. Cada neurônio produz uma função de saída, cuja finalidade é controlar a intensidade da função de ativação para se obter o desempenho desejado na rede. As ligações entre os neurônios são representadas por uma matriz de pesos, que representa a ligação entre elementos de processamento. A propagação e a função da combinação são as regras, às quais os valores de entrada de um neurônio são combinados com os valores da respectiva matriz de pesos para produzir a entrada.

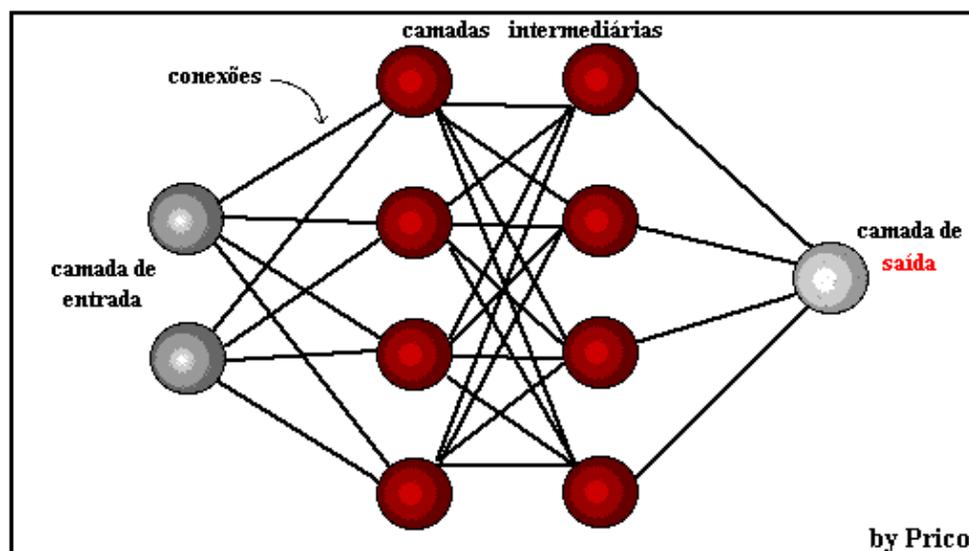


Figura 7: Camadas de uma RNA.

Fonte: ICMC 2011

3.4 Funções de ativação

Segundo Silva *et al.*, (2004), algumas das funções de ativação mais empregadas nas RNAs são as funções linear, rampa, degrau ou threshold e sigmoidal.

A sigmoidal é a mais utilizada pelas RNAs. Ela é limitada por um valor máximo e mínimo. Caso ela seja crescente, o valor da função é proporcional ao valor da variável. Outra característica é a continuidade em toda a sua extensão, sem degraus nem alterações bruscas.

3.5 Aprendizado

Segundo Kovacs (2006), a utilização de uma RNA no cálculo da solução de uma tarefa passa inicialmente por uma fase de aprendizagem. A rede extrai informações relevantes dos exemplos a ela apresentados, criando assim uma representação própria para o problema.

Segundo Chanchetti (2010), a propriedade mais importante das redes neurais é a habilidade de aprender. O aprendizado ocorre quando a rede neural atinge uma solução generalizada para uma classe de problemas.

Um conjunto de regras bem definidas para a solução de um problema de aprendizado é denominado algoritmo de aprendizado (Silva *et al.*, 2004, e Chanchetti, 2010).

Existem muitos tipos de algoritmos de aprendizado específicos para determinados modelos de redes neurais. Estes algoritmos diferem-se, principalmente, pelo modo como os pesos são modificados. A rede neural se baseia nos dados para extrair um modelo geral.

Do total de dados envolvidos no desenvolvimento de uma rede, cerca de 50 a 90% devem ser separados para o treinamento da rede neural. Estes são dados escolhidos aleatoriamente, a fim de que a rede "aprenda" as regras e não "decore" exemplos. O restante dos dados só é apresentado à rede neural na fase de testes a fim de que ela possa "deduzir" corretamente o inter-relacionamento entre os dados (CHANCHETTI, 2010).

Coutinho Neto (2000) e Silva *et al.*, (2004) comentam que o processo de uma RNA envolve três fases: Treinamento, Validação e Teste. Para que este processo tenha êxito é necessário definir como serão apresentadas as regras para este aprendizado. Esta regra inclui a determinação do algoritmo de aprendizado e os parâmetros de ajuste da rede.

Na prática, para o uso de um programa de Redes Neurais, os dados devem ser organizados numa planilha eletrônica. Os dados de saída devem estar em uma coluna, ou seja, é a variável a ser estudada em função das outras variáveis que deverão ser organizadas nas outras colunas. Estes dados representam os dados de entrada da rede. Para dar a entrada dos dados na rede, estes devem estar distribuídos de forma aleatória e separados da seguinte forma: 50% dos dados deverão ser utilizados para a fase de treinamento da rede, 25% dos dados deverão ser separados e introduzidos na rede posteriormente para a fase de validação e os outros 25% para a fase final de teste.

O programa cria uma relação entre as diversas variáveis e o dado de saída, ou seja, ele faz uma análise de como varia o dado de saída, em função de diversas variáveis ao mesmo tempo, determinando uma equação.

3.6 Tipos de RNAs

Segundo Giunta (2008) existem vários tipos de RNA. As mais utilizadas são as *Multilayer Perceptron*. Este tipo de rede é constituído por camadas de entrada, intermediária e de saída. Cada nó da camada de entrada leva para dentro da rede o valor de uma variável independente.

Segundo Silva *et al.*, (2004), o *Modelo Perceptron*, de Frank Rosenblatt (1960) é o modelo mais simples da RNA, no qual várias unidades de processamento estão conectadas unicamente a uma unidade de saída através de pesos sinápticos, *Perceptron*. A sua estrutura inspira-se nas primeiras etapas de processamento dos sistemas sensoriais, nos quais a informação vai atravessando sucessivas camadas de neurônios, que realizem o processamento de mais alto nível.

Segundo Chanchetti (2010), *Perceptrons* podem ser treinados por um algoritmo de aprendizagem simples, chamado geralmente de regra-delta. Esse algoritmo calcula os erros entre a saída dos dados calculados e a saída desejada e

utiliza isso para ajustar os pesos. Os *Perceptrons* de uma camada são capazes de aprender somente sobre problemas linearmente separáveis.

A solução dos problemas não linearmente separável passa pelo uso de redes com uma ou mais camadas intermediárias (SILVA *et al.*, 2004). Esta classe de rede, segundo Chanchetti (2010), consiste de múltiplas camadas de unidades computacionais, geralmente interconectadas em uma forma de alimentação avante. Isso quer dizer que cada neurônio em uma camada tem conexões diretas a neurônios da próxima camada.

O algoritmo *backpropagation* é utilizado na aplicação do gradiente descendente ao problema de múltiplas camadas, regra utilizada para treinar uma rede de Multilayer perceptron.

Segundo Caraciolo (2008), a *Adaline* (Adaptative Linear Neuron) foi desenvolvida por Widrow e Hoff em 1959. Foi criada anos depois do aparecimento do *Perceptron*. A *Adaline* é similar ao *Perceptron*, com diferença apenas pelo seu algoritmo de treinamento e de que o *Perceptron* ajusta os pesos somente quando um padrão é classificado incorretamente.

A *Adaline* é um clássico modelo de neurônio, que permite saídas tanto diretas quanto contínuas e pode ser usado para tarefas de classificação e regressão. Para estas tarefas, o *Adaline* apresenta uma regra de aprendizado sofisticado, a Regra Delta, que, de acordo com Caraciolo (2008) minimiza o erro médio após cada padrão ser apresentado, ajustando os pesos proporcionalmente ao erro. Trata-se de um método de regressão linear, que diminui, a cada exemplo, a distância entre a saída obtida e a desejada através de adaptações graduais dos pesos do *Perceptron*.

3.7 Exemplos de Aplicação de RNAs para análise do consumo de energia elétrica

As RNAs já foram utilizadas em outras pesquisas relacionadas ao consumo de energia, algumas das quais são aqui exemplificadas.

Giunta (2008) utilizou as RNAs como uma importante ferramenta para estudar as influências de características urbanas no consumo de energia elétrica, na cidade de Bauru. Oliveira (2008), também estudando Bauru, aplicou as RNAs para estudar as relações entre o consumo de energia elétrica, a geometria urbana e o

perfil do usuário. Em ambos os estudos, a criação de modelos de RNA visou verificar relações entre as variáveis e o consumo de energia. Esse procedimento permitiu a identificação das variáveis mais relevantes na determinação do consumo de energia elétrica das edificações de um bairro. No estudo de Giunta (2008), as variáveis foram: índice de aproveitamento, área construída; volume de construção; relação área construída/áreas livres; relação área construída/ área de vegetação; forma de quadras; área construída; fator de visão do céu (FVC); tempo de sombreamento; área de exposição das fachadas NE; área de exposição das fachadas NO; área de exposição das fachadas SO e área de exposição das fachadas SE.

Yamagutti (2007), em seu estudo sobre a influência de variáveis de implantação do edifício no consumo de energia elétrica, identificou tendências e extraiu informações importantes para o projeto do edifício. Os resultados confirmaram que além da orientação, outras características de implantação do edifício, como a altura do pavimento e o fator de visão do céu, têm papel fundamental no consumo de energia elétrica, devendo ser características ponderadas desde o projeto.

Portanto verifica-se a aplicabilidade das Redes Neurais em diversas áreas e sua adequabilidade ao estudo aqui proposto.

4 METODOLOGIA

A metodologia aplicada envolve pesquisa de campo, modelagem e simulação. Dessa forma, está baseada nas seguintes etapas principais:

- Identificação do consumo de energia elétrica na área de estudo - inicialmente foi feita uma verificação das características do consumo de energia elétrica para toda a área da cidade de São Carlos, a partir de uma base de dados pré-existente desenvolvida por Rodrigues da Silva (2009);
- Seleção de edificações para estudo e sua caracterização - em função daquela base de dados, foram selecionadas edificações específicas, para as quais foi realizado um levantamento de parâmetros construtivos (orientação, volume e área construída, áreas de fachadas e áreas de janelas);
- Modelagem dos dados de consumo de energia em função de parâmetros geométricos - os parâmetros geométricos levantados na etapa anterior foram, direta ou indiretamente, utilizados como dados de entrada para uma modelagem do consumo de energia elétrica das residências amostradas. A modelagem foi desenvolvida por aplicação de Redes Neurais Artificiais (RNA). Os modelos criados em RNA tiveram seus desempenhos avaliados para seleção do modelo com maior representatividade e análise dos resultados. Para isso seus desempenhos foram medidos através do coeficiente de determinação (R^2) e erros relativos apresentados pela relação entre dados simulados e dados medidos. A partir do modelo RNA de melhor desempenho, foram verificadas as tendências de consumo de energia elétrica residencial em relação aos parâmetros construtivos, tendo como principal objeto de investigação o *WWR*.

4.1 Identificação do consumo de energia elétrica na área de estudo

Considera-se como base para o estudo, a cidade de São Carlos, que se encontra no interior do estado de São Paulo, entre as coordenadas 21°35'45" e 22°09'30" de latitude Sul e 47°43'04" e 48°05'26" de longitude Oeste. O município de São Carlos está na borda oeste das Cuestas Basálticas, próximo ao planalto ocidental. A altimetria do município varia cerca de 480 metros, sendo as menores cotas de 520 metros e as maiores 1000 metros (VECCHIA, 2001).

Para essa cidade, a identificação do consumo de energia elétrica é feita baseando-se nos dados de consumo levantados por Rodrigues da Silva (2009) em sua pesquisa Origem-Destino (O-D) para São Carlos. São dados de 3600 domicílios, distribuídos homogeneamente pela área urbana e que se referem ao consumo de energia elétrica em reais para o mês do levantamento, que foram recalculados para serem transformados no consumo em kWh/m². A distribuição das amostras desta pesquisa é uniforme dentro da cidade, sendo estatisticamente representativa do território, conforme pode ser visto na Figura 8.

Aquela pesquisa O-D foi realizada através de uma pesquisa domiciliar. A pesquisa domiciliar é feita mediante o preenchimento de um questionário, através de uma entrevista que o pesquisador faz com as diversas pessoas moradoras em um domicílio. A pesquisa domiciliar tem dois objetivos principais, o primeiro é obter informações estatísticas sobre as viagens dos residentes na área de estudo e o segundo é descobrir as características gerais das famílias, de maneira que estas possam relacionar-se com a geração de viagens nas fases de construção de um modelo (Lane *et al.*, 1975). As pesquisas domiciliares fornecem os dados essenciais a respeito dos atuais desejos e hábitos dos deslocamentos e, conjuntamente com os dados sobre o uso do solo e estudos socioeconômicos, oferecem subsídios para a previsão de deslocamentos futuros (SILVA *et al.*, 2004).



Figura 8: Base de pontos contendo os domicílios da cidade de São Carlos para os quais a pesquisa de Rodrigues da Silva (2009) apresenta o levantamento de dados.

Fonte: SILVA, 2009.

Por aquelas características apresentadas, a pesquisa O-D mostrou-se uma ferramenta útil na extração de informações de base para a proposta aqui desenvolvida.

4.2 Seleção de edificações para estudo e sua caracterização

Na cidade de São Carlos, a fração urbana selecionada refere-se ao Bairro Vila Prado. O bairro é um dos mais antigos da cidade, com boa infraestrutura, como bancos, restaurantes, comércio e outros. Nele foram selecionadas quarenta e oito edificações residenciais, escolhidas de forma que pudessem ser comparáveis quanto à tipologia construtiva (alvenaria e cobertura). Para cada um destes domicílios foi realizado um levantamento in loco de informações como: as dimensões e fotografia; altura; área da edificação; aberturas; fachadas e orientação. O levantamento foi realizado por duas pessoas, com o auxílio de uma trena comum de cinco metros, e uma máquina fotográfica digital, de seis megapixels.

Com a finalidade de organizar os dados referentes ao levantamento dos domicílios com as informações de cada um deles, foi elaborada uma ficha de caracterização (Tabela 4). Essa ficha permite a observação do croqui de implantação da unidade no lote e a orientação do respectivo lote, assim como as áreas calculadas. Para o cálculo da área total da edificação, foi considerado o corpo da edificação, incluindo as áreas de varanda e garagem. Os valores considerados para cálculo das áreas de abertura da edificação são apenas as aberturas pertencentes ao corpo da edificação. As áreas de aberturas voltadas para as áreas de garagem e varandas são consideradas como metade do valor da abertura para o cálculo das áreas totais. Para as outras aberturas foram consideradas somente as áreas das aberturas constituídas por material translúcido, descartando-se o material opaco. Para as áreas de fachada, somente são consideradas as áreas pertencentes ao corpo da edificação.

As fichas de caracterização preenchidas são apresentadas no Apêndice. Nelas, as residências foram denominadas pela letra (R), seguidas de números sequências, sendo assim atribuídas siglas que variam de R1 a R46.

Posteriormente, os dados levantados foram inseridos em uma planilha eletrônica, através da qual foram calculadas: a área total das paredes da edificação que constituem a envoltória; as áreas de cada fachada e das aberturas orientadas a NE, NO, SE e SO; a área total do corpo da edificação, incluindo as de varanda e garagem; volume da edificação. Em seguida foram calculados: o *WWR* de cada fachada divididos pela área total da edificação; e o *WWR* total de cada edificação versus o consumo da edificação em reais dividido pela área.

Tabela 4: Modelo de ficha de caracterização das residências de estudo.

| FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS | | | | | |
|--|--|------------------------|--|---------------|---------------------|
| Endereço: | | | | | R |
| LEVANTAMENTO | | | | | |
| | | | | | |
| FOTOS | | | | | |
| | | | | | |
| Face 1 | | | | | |
| VEDAÇÕES EXTERNAS | | | | | |
| Parede (espessura: 0,25 m) | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Revestimento em Argamassa comum | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Revestimento em Pedra | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Alvenaria de blocos cerâmico maciço | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Cor das paredes (_____) | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Outros (_____) | | | | | |
| SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS | | | | | |
| Fachadas Sombreadas: | | | | | |
| TELHADO | | | Cobertura : Forro | | |
| <input type="checkbox"/> Telha de barro | | | <input type="checkbox"/> Laje de concreto e reboco comum. | | |
| <input type="checkbox"/> Placas de fibrocimento | | | <input type="checkbox"/> Argamassa de gesso (ou cal e gesso) | | |
| <input type="checkbox"/> Outros (_____) | | | <input type="checkbox"/> Compensado de Madeira | | |
| Cor do material (_____) | | | <input type="checkbox"/> Outros (_____) | | |
| ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO | | | | | |
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
| ÁREA TOTAL PISO (m²): | | | | | |
| Número de ocupantes: | | | | | |
| Ângulo de orientação: | | | | | |
| ÁREA % garagem +varanda: | | | | | |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | | |
| Consumo de energia(KW/h): | | Carga Instalada (KVA): | | | |

4.3 Modelagem dos dados de consumo de energia em função de parâmetros geométricos

A partir dos dados levantados das residências, foi possível modelar a relação entre o consumo de energia e parâmetros geométricos, destacando-se o *WWR*. Para essa modelagem foi aplicada à técnica das Redes Neurais Artificiais, através da aplicação do software Easynn-plus.

O Easynn-plus é um programa desenvolvido por Stephen Wolstenholme e cuja versão 14.0g de 2011 está disponível para download em *trial version* em <http://www.easynn.com/>.

O algoritmo de aprendizado utilizado pelo Easynn-plus é o backpropagation. As diferenças entre as aplicações backpropagation e os outros, são as estruturas de dados e a forma como os dados são apresentados ao algoritmo de aprendizagem. Easynn-plus utiliza listas duplas ligadas para armazenar os exemplos, os nós e as conexões. As listas podem ser processadas rapidamente em ambas as direções simultaneamente. O programa aplica, nos dados de entradas e saídas, uma escala, e desloca seus valores para uma faixa entre 0,0 e 1,0. Cada coluna de dados tem escala separada e seus valores são compensados, de modo que os intervalos de dados originais podem ser restaurados.

Os dados de consumo em reais (CR) foram transformados em kWh/m², calculados com base nos valores constantes da tabela tarifária disponibilizada no site da ANEEL, para o ano de 2007 a 2008. Esses dados foram identificados para cada uma das residências amostrais através da seguinte fórmula, conforme a época do levantamento, sendo o consumo em kWh calculado por: $(CR - CR * 12\% - CR * 0,04159 - CR * 0,00902) / 0,32883$.

Posteriormente, foram separados os conjuntos de dados para comporem as etapas de desenvolvimento dos modelos, de forma que fossem destinados 50% dos dados para treinamento, 25% dos dados para teste e 25% dos dados para validação.

No Easynn-plus, a construção da base de dados de entrada e saída é feita através da tabulação de dados em uma planilha, nos quais tanto dados de entrada como dados de saída são agrupados por colunas, sendo cada coluna correspondente a um tipo de variável. Assim, as colunas referentes aos dados de

saída foram preenchidas com os valores dos consumos residenciais calculados (kWh/m²).

Os valores preenchidos como colunas de dados de entrada dependem do tipo de modelo criado. Foram criados 3 tipos de modelos, classificados conforme a variável geométrica a ser relacionada com o consumo de energia. Para cada tipo de modelo foram desenvolvidas 3 redes neurais, gerando um total de 9 modelos.

O modelo tipo 1 considerou a variável geométrica *WWR* por orientação da fachada, e assim suas variáveis de entrada foram:

- Potencial de Consumo Instalado;
- Número de ocupantes;
- Orientação;
- Área da cobertura;
- Cor das superfícies (absortância externa);
- Transmitância da cobertura;
- Volume
- Áreas das aberturas nas orientações: SO, SE, NO e NE;
- Áreas das fachadas nas orientações: SO, SE, NO e NE;
- Sombreamento das aberturas: SO, SE, NO e NE;
- *WWR* orientação SO;
- *WWR* orientação SE;
- *WWR* orientação NO;
- *WWR* orientação NE.

Destaca-se que as orientações consideradas no modelo foram determinadas em função das orientações das amostras de casas levantadas. Por isso não é proposto um modelo com as demais orientações possíveis.

O modelo tipo 2 considera como variável geométrica a *WWR*/volume da edificação. Nesse caso as variáveis de entrada foram:

- Potencial de Consumo Instalado;
- Número de ocupantes;
- Orientação;
- Área da cobertura;
- Cor das superfícies;

- Transmitância da cobertura;
- Área da Cobertura;
- Volume da edificação;
- Áreas das aberturas nas orientações: SO, SE, NO e NE;
- Áreas das fachadas nas orientações: SO, SE, NO e NE;
- Sombreamento das aberturas: SO, SE, NO e NE;
- *WWR*/volume da edificação.

O modelo tipo 3 tem como variável geométrica o *WWR*/área de cobertura:

- Potencial de Consumo Instalado;
- Número de ocupantes;
- Orientação;
- Área da cobertura;
- Cor das superfícies (absortância externa);
- Transmitância da cobertura;
- Área da Cobertura;
- Volume da edificação;
- Áreas das aberturas nas orientações: SO, SE, NO e NE;
- Áreas das fachadas nas orientações: SO, SE, NO e NE;
- Sombreamento das aberturas: SO, SE, NO e NE;
- *WWR*/ Área da cobertura.

A variável relativa à cor da superfície foi transformada em valores de absortância, extraídas da NBR 15.220 da ABNT (ABNT, 2005). Essa mesma norma serviu de base para cálculo da transmitância das coberturas. Nesse caso, foi atribuído o valor de $2,01 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para os domicílios com forro de madeira e de $2,05 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ para os domicílios com laje de concreto. No caso dos valores de sombreamento, foram consideradas variáveis *dummy*, ou seja, zero (0) para ausência de sombreamento e *um* (1) para a fachada sombreada.

A transmitância das paredes não foi uma variável estudada, pois ela se mantém constante para todas as edificações amostradas. São normalmente paredes de bloco cerâmico maciço de 25 cm de espessura e reboco comum.

Todos os modelos foram desenvolvidos adotando-se parâmetros *default* do programa, sendo eles: uma camada escondida, taxa de aprendizagem de 0,8, momentum (velocidade de treinamento para reduzir a instabilidade) de 0,6, e grandeza de erro limite para encerrar o desenvolvimento da rede no valor de 0,05. Além disso, utilizou-se também como critério de parada de desenvolvimento da rede, o monitoramento do erro, de maneira que no momento em que o erro parava de diminuir e voltava a crescer, era realizado um encerramento forçado da rede. Como a rede age em ciclos, recalculando valores a cada ciclo, o procedimento de parada forçada colabora para que não haja perda de capacidade de generalização da rede (overfitting). Da mesma forma, um número pequeno de ciclos também pode levar a rede a não atingir seu melhor desempenho (underfitting), por isso o número mínimo de ciclos adotado foi mantido de 500 ciclos.

Após o desenvolvimento dos 9 modelos de RNA, foram verificadas as importâncias das variáveis, para que aquelas que obtivessem relevância menor do que 5% fossem retiradas do modelo. Esse é um procedimento indicado por Brondino (1999) e que requer que o modelo seja rodado novamente sem as variáveis de menor relevância, para que uma nova rede seja desenvolvida.

Em seguida a esse procedimento, foram realizadas avaliações para a seleção dos modelos de melhor desempenho. Esse desempenho é verificado através da comparação do coeficiente de determinação (R^2) e do erro relativo (%) de cada modelo, quando comparados dados observados e dados simulados.

Com a seleção do melhor modelo, foram então promovidas análises de sensibilidade para que possam ser extraídas as relações existentes entre o consumo de energia e as principais variáveis dos modelos. Essas análises de sensibilidade são testes realizados com as redes já desenvolvidas. As equações em si desenvolvidas pelo programa não são visíveis ao usuário, porém a inserção de valores de entrada para a simulação com a rede é possível. Dessa forma, podem ser obtidos os valores simulados de consumo de energia, a partir dos dados de entrada que sejam inseridos.

No caso da análise aqui elaborada, para cada uma das variáveis de entrada a serem isoladamente analisadas, promoveu-se a variação de seu valor entre os valores máximos e mínimos. Evita-se assim a extrapolação, pois para as

equações geradas pelas redes, números maiores que o máximo, ou menores que o mínimo, tende a gerar discrepâncias nos resultados simulados.

Simultaneamente à promoção da variação de valores para a variável analisada, as demais variáveis de entrada foram mantidas com seus valores médios. Esse procedimento permite verificar como o modelo quantifica o consumo de energia em função daquela variável específica.

5 RESULTADOS E ANÁLISE

Esse capítulo apresenta inicialmente uma análise das características energéticas encontradas para a cidade de São Carlos e em seguida estabelece as principais relações encontradas entre o consumo de energia e as aberturas das edificações estudadas.

5.1 Características energéticas em São Carlos

Uma análise inicial dos dados fornecidos por Rodrigues da Silva (2009) das 3600 domicílios permite efetuar uma primeira aproximação com as características energéticas da cidade de São Carlos. O consumo depende da faixa de renda do morador, da quantidade de pessoas por domicílio (termo utilizado como uso e ocupação, de acordo com a revisão bibliográfica) e os equipamentos que mais consomem energia: a geladeira, freezer e o chuveiro. Os gráficos das figuras de 9 a 14 apresentam esses resultados.

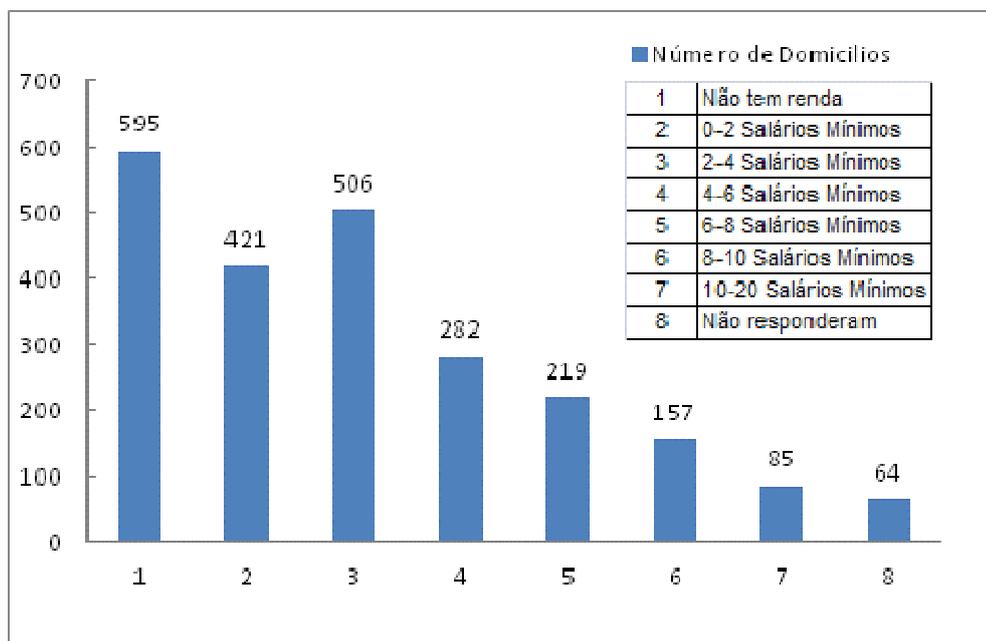


Figura 9: Distribuição da faixa de renda na cidade de São Carlos.

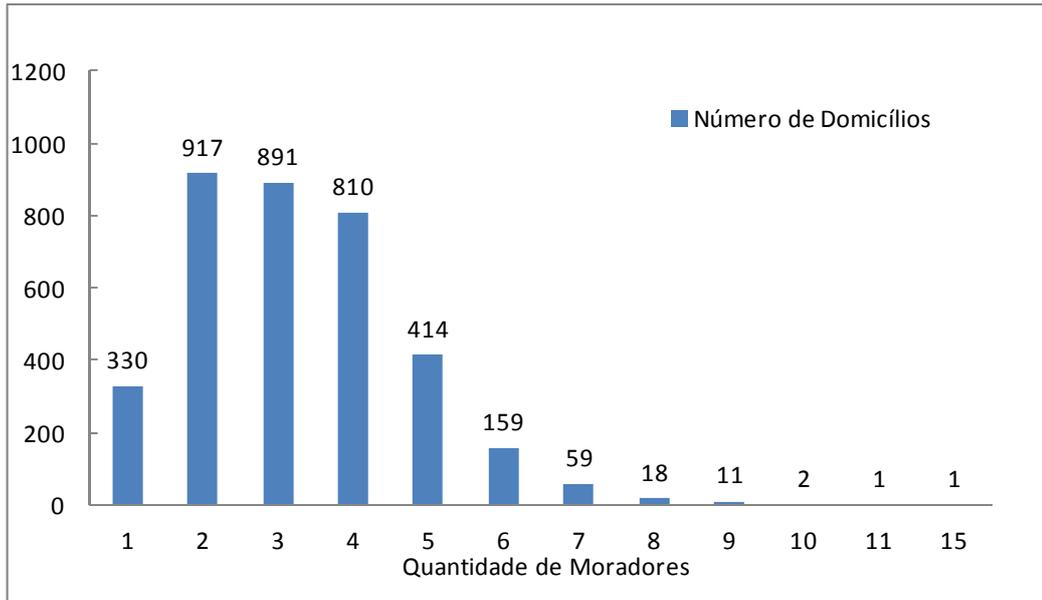


Figura 10: Quantidade de moradores das residências selecionadas

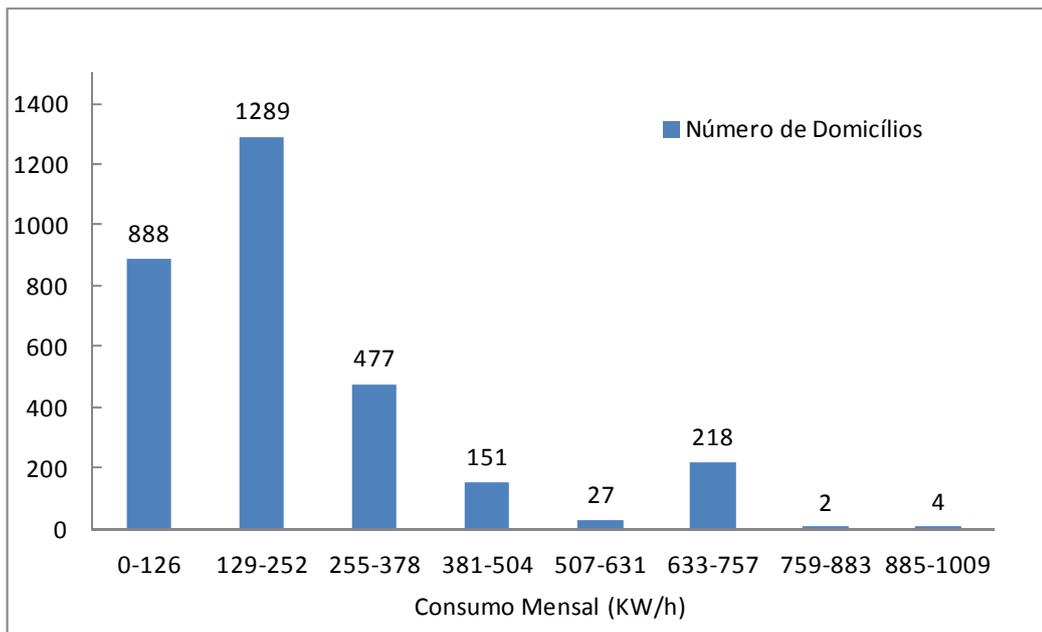


Figura 11: Consumo de energia média mensal expressa em kWh.

A figura 9 mostra que a maior parte da população amostrada tem sua renda menor do que 6 salários mínimos. Pelo gráfico da figura 10, observa-se que a maior parte dos domicílios, cerca de 50%, possui dois ou três moradores. Enquanto a figura 11 indica que a maior parte dos domicílios possui um consumo mensal de 129 a 252 kWh.

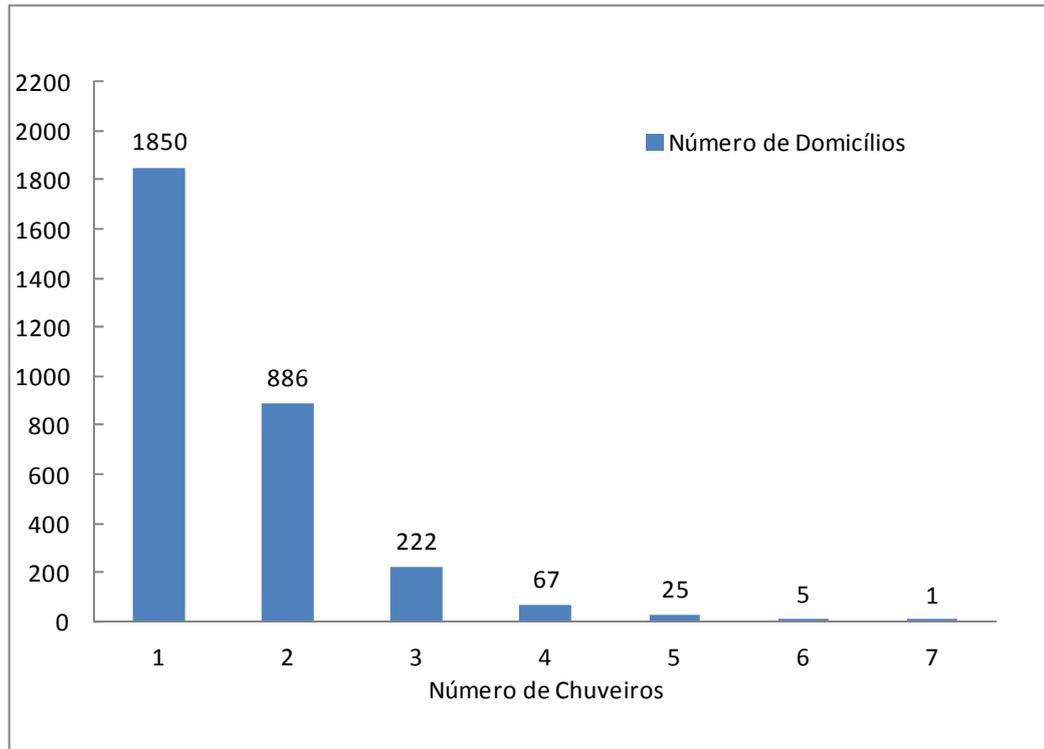


Figura 12: Representa a porcentagem de residências em relação ao número de chuveiros.

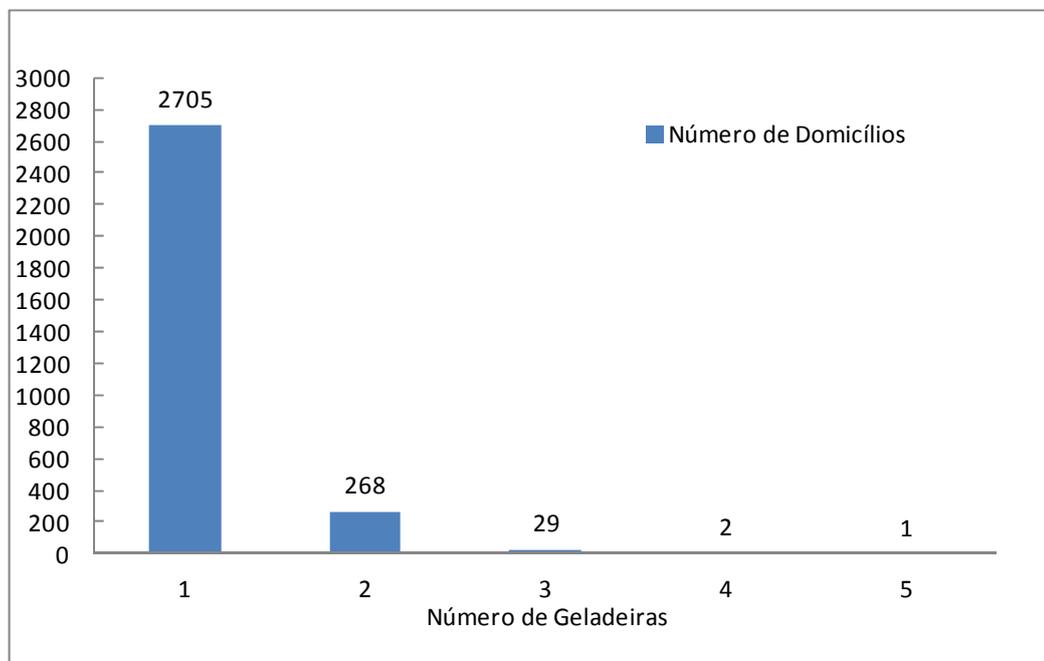


Figura 13: Representa a quantidade de residências em relação ao número de geladeiras.

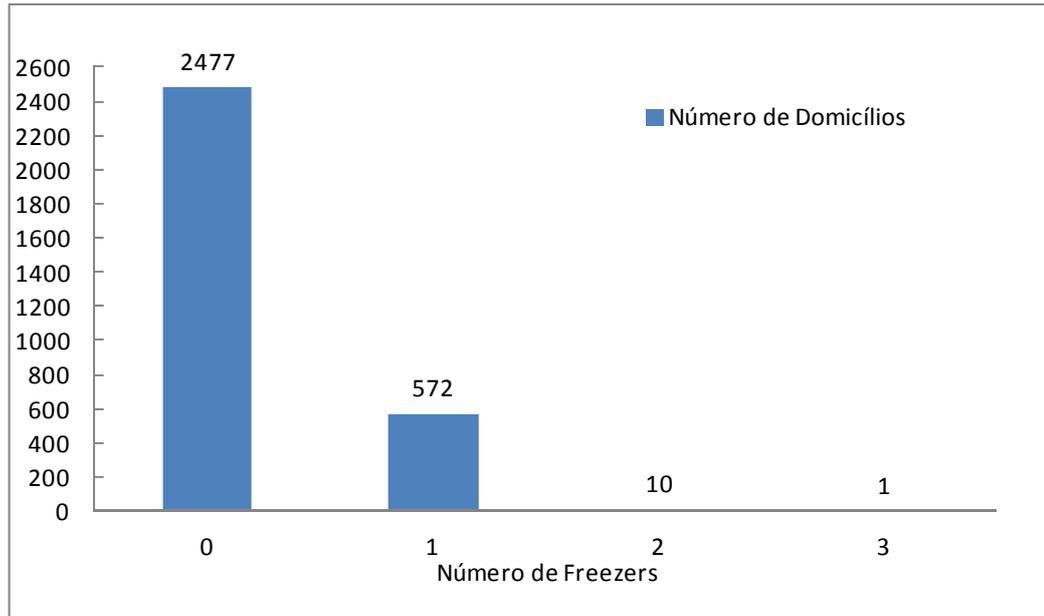


Figura 14: Representa a quantidade de residências em relação ao número de freezers.

Quanto ao número de aparelhos elétricos nas casas, pode-se observar que de maneira geral a maior parte dos domicílios possui um chuveiro (50% dos domicílios), uma geladeira e nenhum freezer. O gráfico da figura 11 mostra a faixa de consumo entre 130 e 250 kWh, correspondente ao consumo de 36% dos domicílios, seguido de 24% dos domicílios com consumo abaixo de 130 kWh.

5.2 Relações entre o consumo de energia e o *WWR*

Os resultados dos modelos desenvolvidos por RNA, assim como as avaliações de sensibilidade e análises realizadas são apresentados nesse tópico.

5.2.1 Desempenho dos modelos de RNA e importância das variáveis

Com os 25% dos dados que foram inicialmente separados, os dados observados e simulados para os 9 modelos gerados foram comparados através do coeficiente de determinação (R^2) e do erro relativo, para fim de verificação do desempenho de cada um desses modelos. Os resultados dessa comparação são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5: Comparação entre os modelos gerados por RNA com todas as variáveis envolvidas.

| TIPO DE MODELO | NÚMERO DO MODELO | R^2 | ERRO RELATIVO |
|--|------------------|--------|---------------|
| 1 (<i>WWR</i> por orientação da fachada) | Tipo 1 Modelo 1 | 0,5834 | 0,3631 |
| | Tipo 1 Modelo 2 | 0,5843 | 0,3619 |
| | Tipo 1 Modelo 3 | 0,8218 | 0,1529 |
| 2 (<i>WWR</i> por volume) | Tipo 2 Modelo 1 | 0,5719 | 0,1768 |
| | Tipo 2 Modelo 2 | 0,3563 | 0,2758 |
| | Tipo 2 Modelo 3 | 0,9206 | 0,1514 |
| 3 (<i>WWR</i> por área de cobertura) | Tipo 3 Modelo 1 | 0,2906 | 0,3634 |
| | Tipo 3 Modelo 2 | 0,6785 | 0,1833 |
| | Tipo 3 Modelo 3 | 0,908 | 0,1681 |

Nessa etapa do procedimento, algumas variáveis que atingiram valores abaixo de 5% foram retiradas, e a geração de novos modelos sem essas variáveis resultaram nos desempenhos apresentados na Tabela 6.

Tabela 6: Resultados dos modelos quando retiradas as variáveis com relevância abaixo de 5%.
(O grifo destaca os melhores modelos)

| TIPO DE MODELO | NÚMERO DO MODELO | R ² | ERRO RELATIVO |
|--------------------------------------|------------------|----------------|---------------|
| 1 (WWR por orientação da fachada) | Tipo 1 Modelo 1 | 0,6749 | 0,2106 |
| | Tipo 1 Modelo 2 | 0,7976 | 0,1724 |
| | Tipo 1 Modelo 3 | 0,9856 | 0,0473 |
| 2 (WWR por volume) | Tipo 2 Modelo 1 | 0,6757 | 0,2102 |
| | Tipo 2 Modelo 2 | 0,9544 | 0,1180 |
| | Tipo 2 Modelo 3 | 0,3836 | 0,1948 |
| 3 (WWR por área de cobertura) | Tipo 3 Modelo 1 | 0,5555 | 0,1811 |
| | Tipo 3 Modelo 2 | 0,1963 | 0,1918 |
| | Tipo 3 Modelo 3 | 0,4898 | 0,2145 |

Observa-se que os modelos tipos 1 (WWR por orientação da fachada) e tipo 2 (WWR por volume) apresentaram melhores resultados. O modelo tipo 3 (WWR por área de cobertura) não apresentou bom desempenho, quando verificados os valores de R² e erros relativos. Além disso, dentre os tipos 1 e 2, os de número tipo 1 modelo 3 e tipo 2 modelo 2 se destacaram, apresentando R² que permite estabelecer alta correlação entre dados medidos e dados simulados, e erro relativo, que indica baixa diferença entre eles. Portanto, esses são os modelos mais confiáveis para que sejam exploradas as relações entre o consumo de energia e as variáveis, sendo eles os modelos selecionados para análise.

Assim, a partir dos melhores modelos (tipo 1 modelo 3 e tipo 2 modelo 2), foi verificada a importância relativa das variáveis estudadas, que são calculadas pelo próprio programa. Os resultados são apresentados nas tabelas 6 e 7. Considerando que houve redução das variáveis em função da importância relativa alcançada (variáveis com menos de 5% foram retiradas da análise).

Tabela 6: Importância relativa das variáveis de entrada do tipo de modelo 1 número 3 (*WWR* por orientação da fachada).

| VARIÁVEL | IMPORTÂNCIA RELATIVA (%) |
|---------------------|---------------------------------|
| Ocupante | 16,05 |
| Volume | 13,08 |
| Potencial Instalado | 12,71 |
| Sombreamento SE | 12,42 |
| <i>WWR</i> SE | 11,68 |
| Cor | 10,24 |
| <i>WWR</i> SO | 9,08 |
| <i>WWR</i> NO | 8,45 |
| Sombreamento NO | 6,29 |

O tipo 1 modelo 3, apresenta uma distribuição de variável quase homogênea, indicando que todas as variáveis são importantes no modelo com influências similares. A variável mais significativa foi o número de ocupantes, seguido do volume e potencial instalado. Nesse modelo, observa-se que dentre as variáveis representativas de orientações das aberturas, apenas o *WWR* NE não assumiu importância relativa acima de 5% e, por isso, foi retirada do modelo. Essa baixa significância da variável *WWR* NE pode ser uma indicação de que as aberturas a NE seriam as menos influentes no consumo de energia. Portanto, quando o objetivo é atingir um equilíbrio entre o ganho térmico e lumínico não incorrendo em mais consumo energético, a orientação NE seria a mais apropriada para aberturas de edificações residenciais em São Carlos.

Por outro lado, as demais orientações passam a exercer influência no consumo, já que se mantiveram no modelo. Isso é, principalmente, identificado, quando observada a importância relativa da variável *WWR* SE, que assumiu o valor de 11,68% no tipo 1 modelo 3.

Tabela 7: Importância relativa das variáveis de entrada do tipo 2 modelo 2 (*WWR*/volume).

| VARIÁVEL | IMPORTÂNCIA RELATIVA (%) |
|---------------------|--------------------------|
| <i>WWR</i> /Volume | 25,75 |
| Cor (absortância) | 24,43 |
| Ocupante | 19,48 |
| Potencial Instalado | 11,58 |
| Orientação | 10,11 |
| Sombreamento SO | 8,65 |

No tipo 2 modelo 2, conforme demonstra a Tabela 7, a variável de maior importância relativa foi o *WWR*/volume. Esse resultado reforça, mais uma vez, a importância de ser determinada uma proporção adequada das aberturas para que se minimize o consumo de energia nas edificações. Observa-se também para esse modelo que, a orientação do edifício assume papel relevante, chegando a obter importância relativa da mesma ordem aproximada de grandeza que o potencial instalado no edifício (cerca de 10%).

Para melhor detalhamento da influência das principais variáveis e do *WWR* sobre o consumo de energia elétrica, procedeu-se a análise de sensibilidade mencionada na metodologia (capítulo 4). Os valores máximos, médios e mínimos dos dados de entrada utilizados para essa análise de sensibilidade correspondem àqueles apresentados nas Tabelas 8 e 9.

Tabela 8 – Valores máximos, médios e mínimos de cada variável do tipo 1 modelo 3.

| Variáveis | Valor Mínimo | Valor Médio | Valor Máximo |
|---------------------|--------------|-------------|--------------|
| Ocupante | 1,00 | 2,76 | 6,00 |
| Volume | 122,37 | 362,78 | 70,60 |
| Potencial Instalado | 70,60 | 5600,74 | 11630,00 |
| Sombreamento SE | 0,00 | 0,31 | 1,00 |
| <i>WWR</i> SE | 0,00 | 8,54 | 22,43 |
| Cor | 26,40 | 33,78 | 70,60 |
| <i>WWR</i> SO | 0,00 | 11,31 | 66,67 |
| <i>WWR</i> NO | 0,00 | 11,34 | 79,71 |
| Sombreamento NO | 0,00 | 0,06 | 1,00 |

Tabela 9 – Valores máximos, médios e mínimos de cada variável do tipo 2 modelo 2.

| Variáveis | Valor Mínimo | Valor Médio | Valor Máximo |
|---------------------|--------------|-------------|--------------|
| WWR/Volume | 0,01 | 0,04 | 0,10 |
| Cor | 26,40 | 33,62 | 70,60 |
| Ocupante | 1,00 | 2,87 | 6,00 |
| Potencial Instalado | 1860,00 | 5473,68 | 11630,00 |
| Orientação | 32,00 | 208,41 | 302,00 |
| Sombreamento SO | 0,00 | 0,10 | 1,00 |

Para essa análise as variáveis foram divididas em variáveis não relacionadas ao *WWR* e variáveis relacionadas ao *WWR*, apresentadas, respectivamente, nos tópicos 5.2.2 e 5.2.3.

5.2.2 Principais variáveis dos modelos não relacionadas ao *WWR*

O primeiro modelo analisado foi o tipo 1 modelo 3. Foi verificado o comportamento do consumo em função das três variáveis mais importantes daquele modelo: ocupante, volume e potencial instalado. Os resultados são apresentados das Figuras 15 a 17.

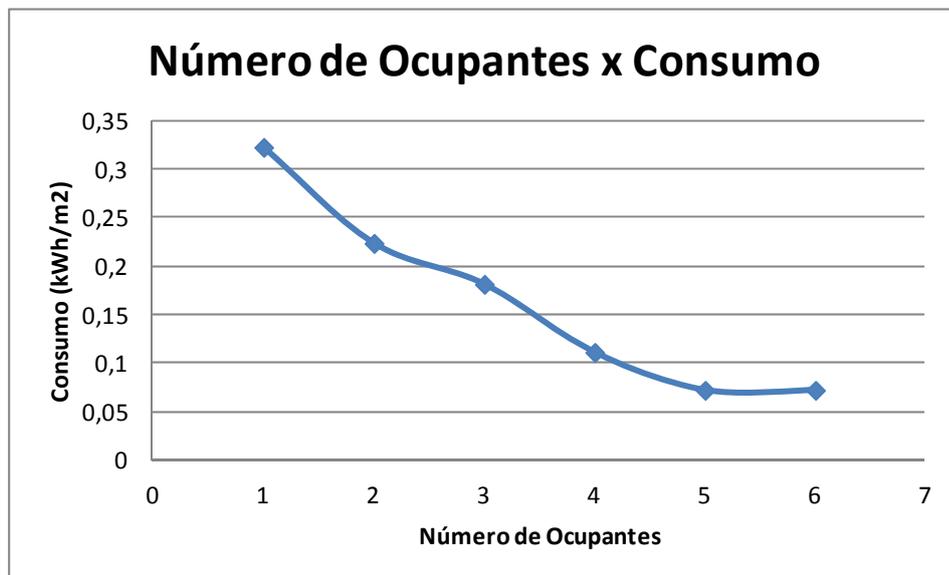


Figura 15: Gráfico da relação entre o consumo e o número de ocupantes.

O gráfico representado pela figura 15 resultou numa curva decrescente, ou seja, o baixo número de ocupantes na residência incorre em um

consumo relativamente mais alto por área, do que quando as edificações são habitadas por mais moradores. O impacto de apenas um (1) habitante na residência é significativamente maior, havendo uma diminuição com o aumento do número de habitantes, até que se estabilize essa redução entre os números de 5 a 6 habitantes. Essa relação é esperada, uma vez que um morador único tem que iluminar ou aquecer a mesma área construída que seria necessária para um maior número de moradores.

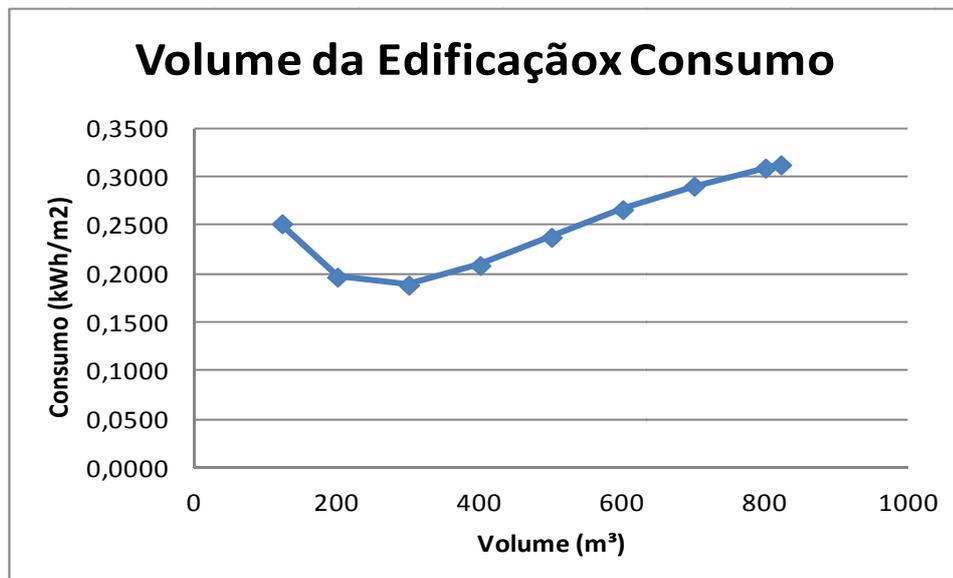


Figura 16: Gráfico da relação entre o consumo e o volume da edificação.

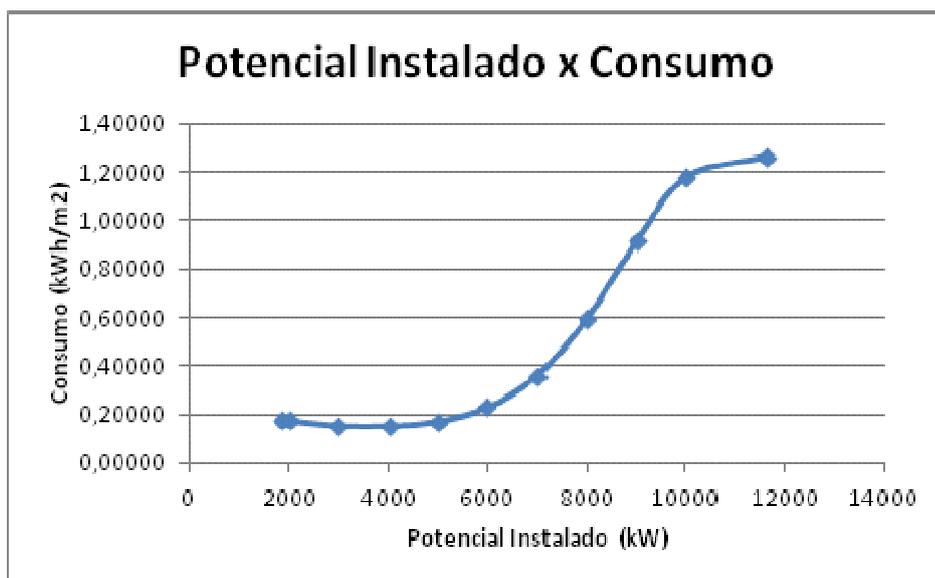


Figura 17: Gráfico da relação entre o Consumo e o potencial instalado.

Com relação ao volume da residência, verifica-se na Figura 16, que existe uma faixa ideal para o volume da edificação, que auxilia na minimização do consumo. Essa é a faixa representada pelos 300 m³ para a qual o consumo corresponde a 0,18 kWh/m². Acima ou abaixo dessa faixa há aumento no consumo de energia elétrica. Considerando um valor de pé direito padrão das edificações de três metros, o volume de 300 m³ corresponderia a um valor ideal de 100 m² de área construída.

O gráfico da figura 17 apresenta o comportamento do consumo em função do potencial instalado, obtido a partir dos dados coletados na entrevista de Rodrigues da Silva (2009), formando uma curva crescente. O potencial instalado é um valor estimado, que é função dos equipamentos eletro-eletrônicos instalados nos domicílios. O gráfico revela um resultado esperado, reafirmando que quanto maior o potencial instalado, maior o consumo por área.

Quanto mais clara é a superfície (menor absorvância), menor radiação absorvida pela parede, com isso menor aquecimento interno.

O tipo 2 modelo 2, estuda a variação do consumo em função do *WWR* por volume da edificação. Para esse modelo, a característica mais relevante é o *WWR*/Volume e será analisado no item 5.2.3. Por isso, e evitando-se a repetição das demais variáveis já estudadas (ocupante e potencial instalado) com o tipo 1 modelo 3, optou-se por explorar as principais variáveis construtivas não relacionadas ao *WWR*: cor (absorvância) e orientação.

Assim, as Figuras 18 e 19 representam o resultado da simulação realizada (análise de sensibilidade) que relaciona o consumo de energia elétrica com essas variáveis construtivas.

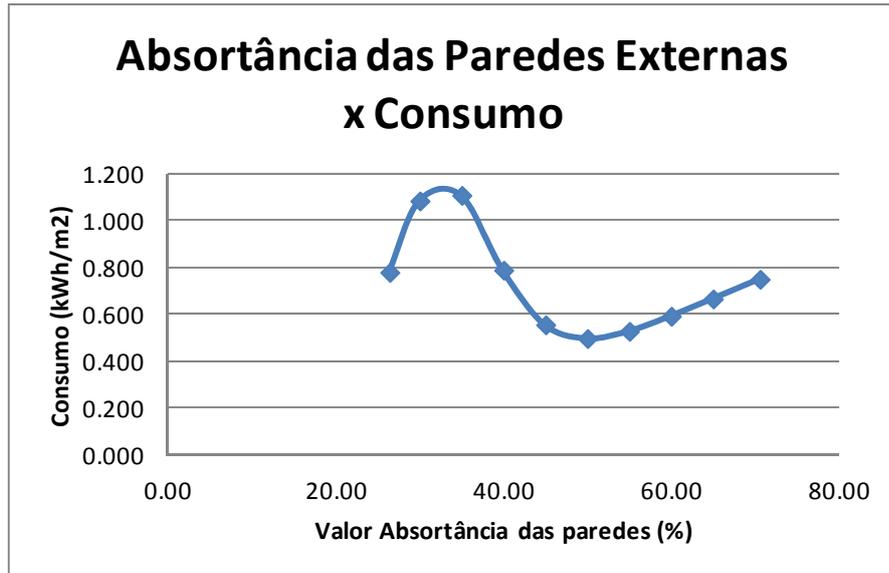


Figura 18: Gráfico da relação entre o Consumo e a absorção das paredes externas.

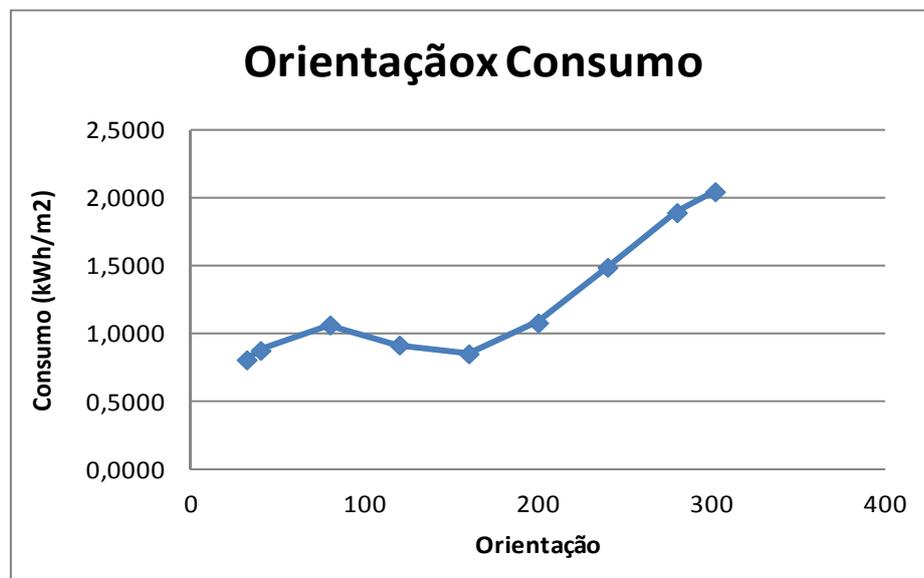


Figura 19: Gráfico da relação entre o Consumo e a orientação da edificação.

O gráfico da figura 18 mostra uma redução do consumo de energia na faixa de absorção situada próxima a 50%. Esse é um resultado que requer melhor investigação em pesquisas futuras. Existe uma clara limitação da faixa de absorção investigada através das casas amostradas, revelando que nenhum dos valores de absorção estimados foi abaixo de 25%. O gráfico demonstra que absorções abaixo de 30% tendem a diminuir o consumo de energia, mas ao mesmo tempo revela também redução entre os 30 e 50%. A partir desse valor, volta a aumentar o consumo de energia elétrica. Acredita-se que, para uma análise mais

detalhada dessa questão, seria necessário que o período de inverno e o do verão fossem separados em modelos diferenciados, para que se possa de fato ter um panorama mais detalhado quanto a esse comportamento. Como essa não é a variável objeto dessa dissertação, apenas aponta-se nesse momento como um item a ser estudado para pesquisas futuras.

O gráfico da figura 19 mostra o comportamento do consumo em função da orientação da edificação em relação ao eixo Norte-Sul. No caso do modelo desenvolvido, os resultados revelam que acima de 200° em relação ao Norte, ocorre um aumento significativo do consumo de energia elétrica. A orientação da construção determina a posição das aberturas das fachadas para as orientações mais favoráveis.

5.2.3 Principais variáveis dos modelos relacionadas ao *WWR*

A mesma análise de sensibilidade aplicada aos modelos selecionados foi efetuada para as variáveis especificamente relacionadas ao *WWR*.

Anteriormente, foi verificado que o *WWR* voltado para a fachada NE não tem importância no modelo. Essa se revela como a fachada mais apropriada para a implantação de aberturas, já que não altera o consumo de energia. Apenas para efeito de comprovação desse comportamento, na Figura 20 é demonstrada uma análise para essa variável, feita em momento anterior a sua retirada do modelo.

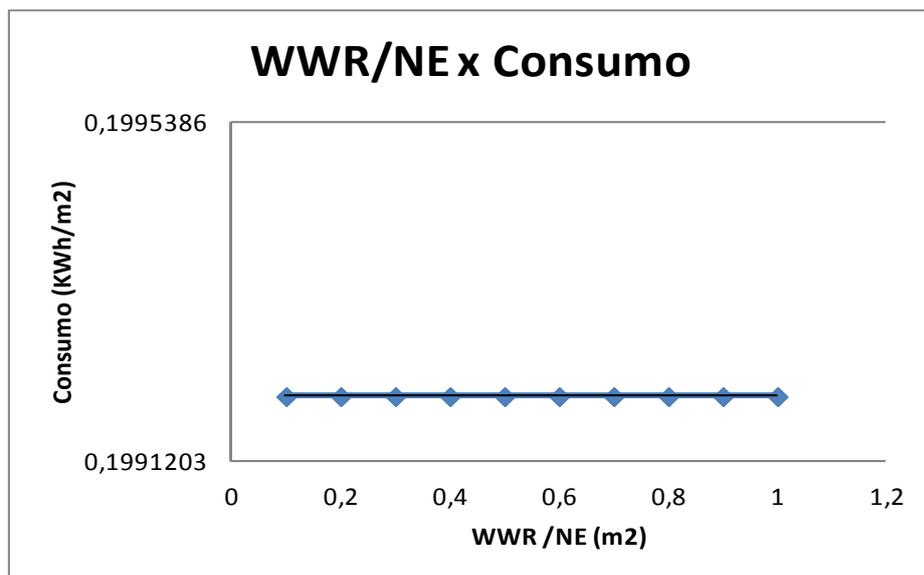


Figura 20: Gráfico da relação entre o Consumo e o WWR/ área na orientação Nordeste.

Para as demais orientações, os gráficos das figuras 21 a 23 foram elaborados a partir do tipo 1 modelo 3. Ressalta-se que a faixa simulada para a variação do consumo por área é estreita (vide valores do eixo y), porque além desses gráficos serem desenvolvidos a partir de valores médios das variáveis, a própria importância relativa das variáveis nesse modelo foi muito similar umas as outras. Nesse caso, a simulação realizada tem muito mais o objetivo de verificar a tendência da curva, do que de quantificar ou determinar a ordem de grandeza da influência no consumo.

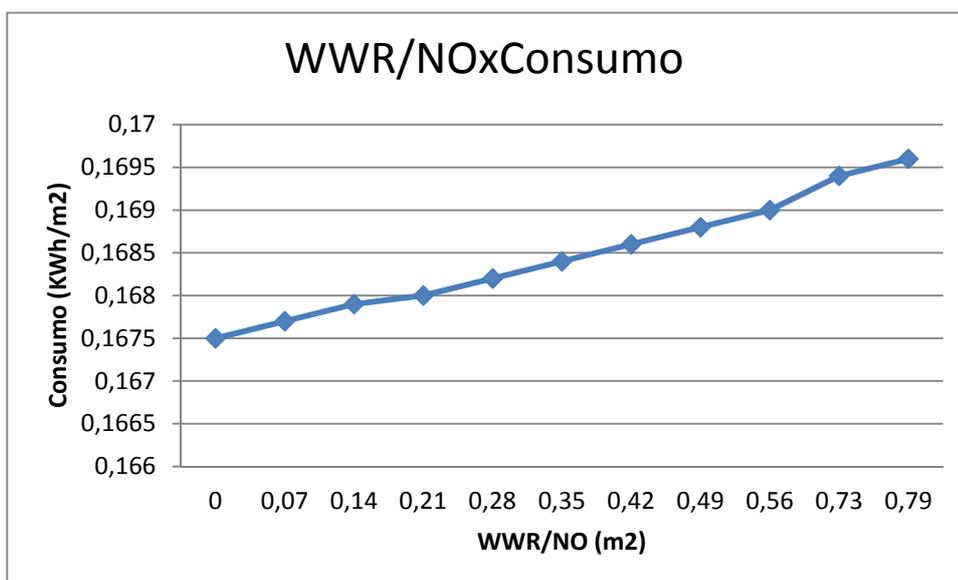


Figura 21: Gráfico da relação entre o Consumo e o WWR/ área na orientação Noroeste.

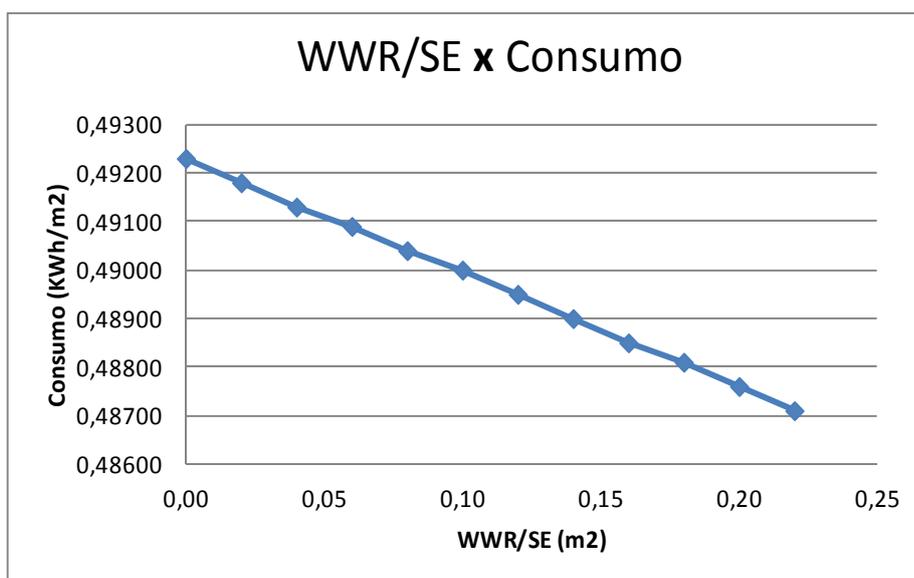


Figura 22: Gráfico da relação entre o Consumo e o WWR/ área na orientação Sudeste.

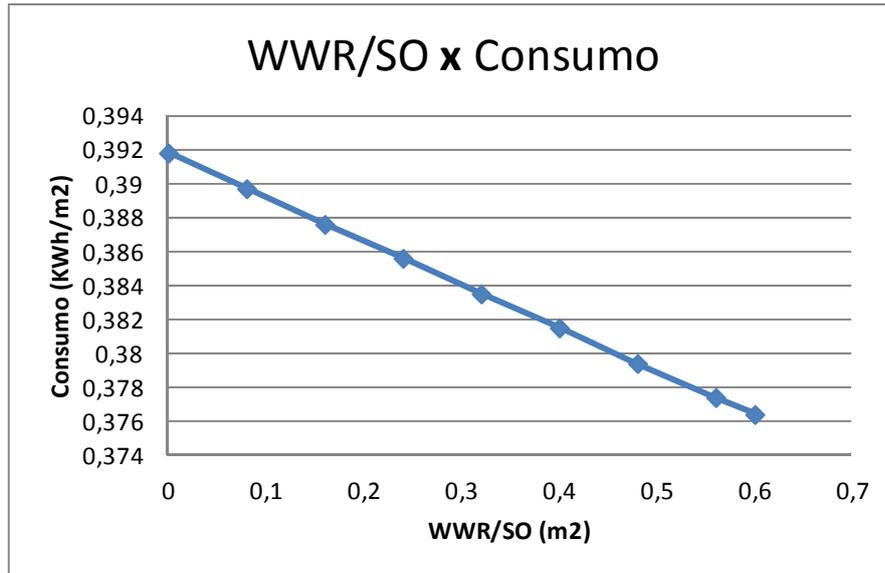


Figura 23: Gráfico da relação entre o Consumo e o WWR/ área na orientação Sudoeste.

O gráfico da figura 21 indica que as maiores aberturas sobre a fachada noroeste provocam aumento do consumo de energia elétrica. Esse resultado comprova a literatura e indica a necessidade de serem evitadas as aberturas de janelas nessas fachadas. Apesar da questão de entrada de luz ser favorável com o aumento das aberturas, a entrada de calor por radiação direta acaba por prejudicar e aumentar a temperatura interna. Nesse caso deve-se ponderar com cautela a possibilidade de aberturas nesta fachada.

Para a fachada SE e SO o comportamento do modelo se inverte, conforme mostram as Figuras 22 e 23. Acredita-se que essa redução de consumo com o aumento do *WWR* nas fachadas SE e SO estejam relacionadas à menor incidência de radiação solar direta. Por isso, a componente de iluminação natural interna acaba sendo favorecida com o aumento de áreas de aberturas e isso faz com que haja menos necessidade de utilização da luz artificial. Como a quantidade de radiação nessas fachadas é menor, a abertura não prejudica a questão térmica.

Quanto às variáveis relacionadas ao *WWR* para o tipo 2 modelo 2, apenas a variável *WWR*/volume é considerada. Essa variável foi a de maior importância relativa no modelo e, como pode ser visto na Figura 24, a faixa de variação de consumo por área é significativamente maior quando comparada à análise realizada para o modelo anterior.

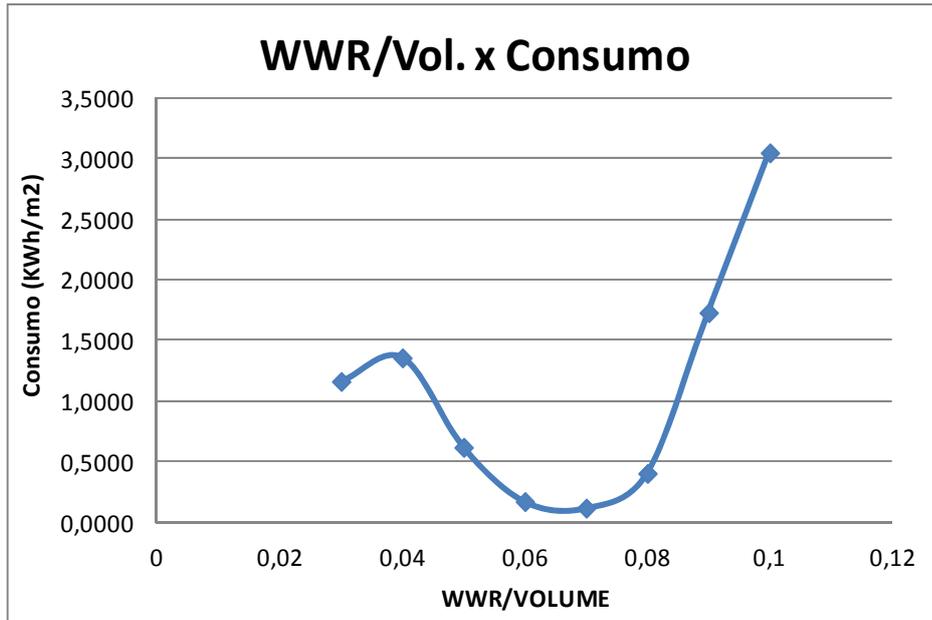


Figura 24: Gráfico da relação entre o Consumo e WWR/Volume da edificação.

O gráfico da Figura 24 indica que, para os valores de projeto que minimizariam o consumo de energia na edificação, um valor ideal para o WWR/volume está na faixa de 0,06 a 0,07%. Para valores de WWR/volume abaixo destes valores, o valor do consumo de energia aumenta, pois menor será a área de janela, necessitando de iluminação artificial para compensar a falta de iluminação natural. Para valores acima de 0,07 o valor para o consumo de energia aumenta, devido ao aumento da área de janela, os ganhos térmicos pelas aberturas aumentam e, conseqüentemente, o consumo do ar condicionado também aumenta.

A partir da análise dos gráficos, aponta-se como resultado a constatação de que a fachada Nordeste é uma fachada favorável ao posicionamento de aberturas, e de que as demais fachadas estudadas, noroeste, sudeste e sudoeste, apresentaram um comportamento esperado. O índice WWR/volume proporciona uma indicação de uma tendência de consumo de energia dentro da amostra estudada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Essa pesquisa permitiu o estudo do consumo de energia elétrica em edificações residenciais sobre diversos aspectos, tornando possível evidenciar o papel específico do índice *WWR*. A hipótese de que era possível ser realizado um estudo das relações entre as características geométricas do edifício e o consumo de energia a partir de dados em residências na fase pós-ocupação foi confirmada. Além disso, os objetivos gerais e específicos puderam ser atingidos, tendo sido alcançados resultados relevantes para a área de eficiência energética.

Um dos resultados mais importantes da pesquisa é a constatação de que aberturas implantadas na fachada nordeste para a cidade de São Carlos é a de menor impacto sobre o consumo de energia elétrica, se comparada especificamente com as aberturas noroeste, sudeste e sudoeste. Esse resultado reforça a literatura e evidencia a necessidade de serem projetadas edificações com aberturas adequadamente posicionadas. Deve-se ressaltar que as orientações estudadas se limitaram a nordeste, sudeste, noroeste e sudoeste. Não podendo esta afirmação ser extrapolada se comparadas às orientações sul, norte, oeste e leste, pois estas não fazem parte do universo amostral estudado.

Algumas tendências de variação no comportamento do consumo de energia elétrica conforme a fachada analisada também foram identificadas. Observou-se que, enquanto o aumento do tamanho das aberturas na fachada noroeste pode causar um aumento no consumo de energia, o mesmo para as fachadas sudeste e sudoeste não pode ser afirmado. Pelo contrário, aberturas sobre as fachadas sudeste e sudoeste levam a uma redução no consumo de energia, que pode estar relacionado ao ganho lumínico ser maior do que o ganho térmico.

Foi verificado que o índice *WWR*/volume é um bom indicador da tendência de consumo de energia de edificações residenciais térreas. Nesse caso a faixa de valores entre 0,06 e 0,07 mostrou-se como ideal para a minimização do consumo de energia nas edificações.

Além das variáveis relacionadas às aberturas, outras variáveis de edificações residenciais que exercem influência no consumo final foram verificadas nessa pesquisa. As principais variáveis que se mostraram determinantes do consumo foram: número de ocupantes, potencial instalado de equipamentos, volume do edifício, absorvância e orientação do edifício. Enquanto por um lado algumas

dessas variáveis se mostraram com comportamento esperado, por outro, a variável relacionada à cor da edificação (absortância) apresentou-se de maneira diferente ao que seria esperado. Por isso é uma variável que pode ser melhor estudada no futuro.

No caso do número de ocupantes e do potencial instalado, observou-se um aumento do consumo com o crescimento dessas variáveis. Para o volume do edifício, verificou-se que o valor de 300m^3 apresenta relação com o menor consumo de energia. Para a orientação, os resultados demonstram que a implantação do edifício com angulação acima de 200° em relação ao Norte gera aumento significativo do consumo de energia elétrica. Especificamente no caso da absortância, os resultados não são conclusivos, pois o modelo desenvolvido para a análise demonstrou um comportamento de menor consumo para faixas de valores médios e não exatamente para absortâncias menores, como poderia ser esperado.

Todas essas relações puderam ser evidenciadas através da aplicação da técnica das Redes Neurais Artificiais. Essa se mostrou um instrumento importante para a identificação da complexidade de relações envolvidas na questão aqui pesquisada. Através dessa técnica foi possível o desenvolvimento de modelos, que não só permitiram efetuar simulações para outros valores dentro de uma faixa de abrangência, mas também auxiliaram na identificação da importância das variáveis dentro do modelo.

Acredita-se que os resultados alcançados colaboram na determinação de diretrizes de projeto, tais como: a implantação da edificação no lote; análise cuidadosa da orientação das aberturas e fachadas e considerações sobre a volumetria do edifício em si.

Em função de alguns dos resultados, como o papel das aberturas sudeste e sudoeste, foram constatados indícios de que o consumo nas residências analisadas é mais relacionado à disponibilidade de luz do que ao ganho térmico. Provavelmente porque está se tratando de tipologia residencial e não comercial.

Para pesquisas futuras, aponta-se a necessidade de serem verificadas mais amostras de residências e de ser mais detalhadamente investigado o consumo em função da cor das superfícies. Aponta-se a necessidade de serem diferenciados os consumos por estações de inverno e de verão para que essa variável seja melhor

compreendida, uma vez que podem ocorrer consumos diferentes conforme a estação do ano.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). Disponível em: www.aneel.gov.br. Acesso em 10 de março de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15220**: desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005. 66 pag.

ALMEIDA, J. E. C.; CABÚS, R. C. Conforto térmico em apartamentos de um conjunto habitacional de Maceió/AL. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído e Conferência Latino-Americana sobre Conforto e Desempenho Energético de Edificações, VII, IV, 2005, Maceió-AL. **Anais...ANTAC**, 2005.

BALTAR, M.G.; PEREIRA, I.A.; KAEHLER, J.W.M. **Uso De Recursos Naturais Para Redução De Consumo De Energia Elétrica Em Edificações**. CIDEL Congresso Internacional de Distribución Eléctrica. Argentina 2006.

BELL, J.; BURT, W. designing buildings for daylight. **Building Research Establishment**, Watford, England, 1995. 95 p.

BOGO, A. J.; PEREIRA, F. O. R.; CLARO, A. Controle solar e admissão de luz natural em aberturas com proteção solar. In: Encontro Nacional e Encontro Latino de Conforto no Ambiente Construído, X, VI. 2009. Natal/PE. **Anais... ENCAC** 2009.

BORGES, M.G.E. **A influência da vegetação no conforto térmico em ambientes urbanos**. 2006. 101 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006. Disponível: http://soniaa.arq.prof.ufsc.br/arq1001metodologiacinetificaacaplicada/20063/Trabalhos/Marcus_Borges/Seminario%20final_revisao.pdf. Acesso em: 07 de Out. 2011.

BRASIL. **Lei n. 10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001a. Disponível em: www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf. Acesso em: 17/04/10.

BRASIL. **Decreto n. 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências**. Lex: Diário Oficial da União, Brasília, 2001b. Disponível em: www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos/Decreto%20n%204.0592001.html. Acesso em: 17/03/10.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa Energética – EPE. **Balanco Energético Nacional 2009 – BEN**. Brasília: EPE, 2009. 48p. Disponível em: https://ben.epe.gov.br/downloads/Resultados_Pre_BEN_2009.pdf. Acesso em: 01 Nov. 2010.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Portaria no. 449**, de 25 de novembro de 2010. Art. 1º Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade-RTQ para o nível de eficiência energética de edificações residências. Disponível em: <www.inmetro.gov.br>. Acesso em: 10 de jan. 2011.

BRONDINO, N.C.M. **Estudo da influência da acessibilidade no valor de lotes urbanos através do uso de redes neurais**. 1999. 146 p. Tese de Doutorado, Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 1999.

BS – BRITISH STANDARD. BS 8206-2 **.Lighting for buildings – Part 2: Code of practice for daylighting**. London, 1992. 36 p.

CARACIOLO, M. P. **Introduzindo Redes Neurais e Andaline**. 2008. Disponível: <http://aimotion.blogspot.com/2008/12/ol-todos-nesse-post-irei-apresentar.html>. Acesso em: 8 de Out. 2008.

CARLO, J.; PEREIRA, F.; LAMBERTS, R. Iluminação Natural para Redução do Consumo de Energia de Edificações de Escritório aplicando Propostas de Eficiência Energética para o Código de Obras do Recife. In: CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL, ENCONTRONACIONAL DE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, X, 2004. Porto Alegre-RS. **Anais...ANTAC 2004**.

CARLO, J.; Lamberts, R. O papel da volumetria no desempenho energético da Edificação. In: In: IX Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9, 2007, Ouro Preto-MG. **Anais...ANTAC 2007**.

CASTRO, A.P.A. S.; BUENO-BARTHOLOMEI, C.L.; LABAKI, L.C.; CARAM, R.M. Estudo do ganho de calor em vidros planos e refletivos através de células teste. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, IX, 2007. Ouro Preto, 2007. **Anais...ANTAC 2007**.

CAVALCANTI, R.C.D. **Simulação energética para análise da arquitetura de edifícios de escritório além da comprovação de conformidade com códigos de desempenho**. 2010. 133 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)-Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2010. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/.../16/...01062010.../DISSERTACAO_RODRIGO.pdf. Acesso em: 20 Out. 2011.

CHANCHETTI, F. R. **Redes Neurais**. 2010. 31 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual de Campinas. Limeira, 2010. Disponível em: http://www.ft.unicamp.br/liag/monografias/monografias/2010_IA_FT_UNICAMP_rede_sNeurais.pdf. Acesso em: 20 de out. de 2011.

CEBDS. CONSELHO EMPRESARIAL BRASILEIRO PARA O DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. Disponível em: www.cebds.org. Acesso em: 23 de fev. de 2007

CHENG, V.K.; GIVONI, B. Effect of envelope color and thermal mass on indoor temperatures in hot humid climate. **Solar Energy** 2005:v.78, p. 528-534. 2005.

CIBSE. ENGINEERING A SUSTAINABLE BUILT ENVIRONMENT. Disponível em: www.cibse.org. Acesso em: 20 fev. 1998.

CÔRREA, J.R. **Projeto CÉU** (Consumo de Energia Urbana). Relações entre o Consumo de Energia Elétrica, a Geometria Urbana e o Perfil do Usuário. Bauru, 2005. Relatório final de pesquisa. Relatório Final de Pesquisa. PIBIC-CNPq-UNESP.

COSTA, S.P. **Eficiência Energética em Edificações e o Uso de Fontes Alternativas de Energia em Projetos Residenciais Urbanos: Estudo de Casos**. 2007. 100f. Monografia conclusão de curso de Pós-Graduação *Lato Sensu*. Departamento de Engenharia da Universidade Federal de Lavras. Lavras. 2007. Disponível: <http://www.solenerg.com.br/files/MonografiaSoraya.pdf>. Acesso em: 08 de Out. 2011.

COUTINHO NETO, B. **Redes Neurais Artificiais como Procedimento para Retro análise de Pavimentos Flexíveis**. 2000. 121 f. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. São Carlos. SP. 2000

CRUZ, A. B. S.; GONÇALVES, J. I. P.; SILVA, N.F.; FILHO, R. D. T.; FARBAM, E. R.; ROSA, L. P.; MARTINEZ, A. C. P.. Avaliação da Sustentabilidade energética e ambiental em edificações. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. **Anais...ENTAC** 2004.

DORNELLES, K.A.; Roriz, M . **Absortância Solar de Superfícies Opacas: Métodos de Determinação. Base de Dados Para Tintas Látex Acrílica e PVA**. 2008. 159 f. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2008.

DUARTE, D. H. S.; SERRA, G. G. Padrões de ocupação do solo e microclimas urbanos na região de clima tropical continental brasileira: correlações e proposta de um indicador. Porto Alegre. **Revista Ambiente Construído**, v. 3, n. 2, p. 7-20, abr.-jun. 2003

FEDRIGO, N. S.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. Usos finais de energia elétrica no setor residencial brasileiro. In: Encontro Nacional e Encontro Latino de Conforto no Ambiente Construído, X, VI. 2009. Natal/PE. **Anais...ENCAC** 2009.

FEITOSA, S.M.R. Consequências da Urbanização na Vegetação e na Temperatura da Superfície de Teresina, Piauí. **REVSBAU**, Piracicaba – SP, v.6, n.2, p.58-75, 2011. Disponível: http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo170-publicacao.pdf. Acesso em: 08 de out. de 2011.

FOSSATI, M., LAMBERTS, R. Eficiência energética da envoltória de edifícios de escritórios de Florianópolis: discussões sobre a aplicação do método prescritivo do RTQ-C. **Ambiente Construído**, v. 10, n. 2, p. 59-69, abril/junho 2010.

GHISI, E.; TINKER, J. Área de janela e dimensões de ambientes para iluminação natural e eficiência energética: literatura versus simulação computacional. **Ambiente Construído**, v. 5, n. 4, p. 81-93, outubro/dezembro 2005.

GHISI, E.; TINKER, J. Optimising energy consumption in offices as a function of window area and room size. In: Seventh International IBPSA Conference, 2001. **Anais...**Rio de Janeiro, 2001, p. 13-15.

GIUNTA, M. B. **Influência de Características Urbanas no Consumo de Energia Elétrica**. Relatório final de pesquisa. FAPESP. 2007/2008..

GOULART, S. **Sustentabilidade nas edificações e nos espaços urbanos**. Local: UFSC/Labee, 2010. Disciplina Desempenho térmico de edificações. Disponível em: www.labee.ufsc.br. Acesso em: 10 out. 2010.

GRATIA, E; DE HERDE, A. Design of low energy Office buildings. **Energy and Buildings**, v. 35, n. 5, p. 473-491, 2003.

HAYKIN, S.S. **Redes Neurais Artificiais. Principios e Prática**. 2000. Disponível em: http://books.google.com/books?hl=ptPT&lr=&id=IBp0X5qfyjUC&oi=fnd&pg=PA27&dq=artigos+sobre+redes+neurais+artificiais&ots=sxm26JKvYZ&sig=HrWKA--dznG-h9-HqZeg_3EOkrE#v=onepage&q&f=false. Acesso em: 02 de Jun. de 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/>. Acesso em: 30 jul. 2010.

JOHN, V. M. **Guia de Sustentabilidade na Construção**. Belo Horizonte: FIEMG, 2008.

KOVACS, Z.L. **Redes neurais artificiais: fundamentos e aplicações**. 4.ed. São Paulo: Ed. Livraria da Física, 2006. Disponível em: www.skoob.com.br/livro/52062. Acesso em: 09 dez. 2011.

KRUGER, E. L. A importância do Conhecimento de Térmica em Edificações por Engenheiros Civis. **Revista Tecnologia e Humanismo**, Curitiba, no. 19, p. 18-21, agosto de 1999.

LAM, J.C. 2000. Residential sector air conditioning loads and electricity use in Hong Kong. Hong Kong. **ScienceDirect**. v. 41, issue 16, p. 1757-1766. Novembro de 2000.

LAM, J. C.; HUI, S. C. M.; CHAN, A. L. S. Regression analysis of high-rise fully airconditioned office buildings. **Energy and Buildings**, v. 26, n. 2, p. 189-197, 1997.

LAMBERTS, R., TRIANA, M. A. **Levantamento do estado da arte: energia. Documento 2.2. Projeto: Tecnologias para construção habitacional mais sustentável.** Projeto FINEP n. 2.386/04. São Paulo: USP/Unicamp/UFSC/UFG/UFU, 2007. 94p. Disponível em: <http://www.habitacaosustentavel.pcc.usp.br/pdf/D2-2_energia.pdf>. Acesso em: 01 Nov. 2010.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** São Paulo. PW. 1997.

LAMBERTS, R.; GOULART, S.; CARLO, J; WESTPHAL, F. Regulamentação de Etiquetagem Voluntária de Nível de Eficiência Energética de Edifícios Comerciais e Públicos. In: Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto Ambiental no Ambiente Construído, IX, V. 2007. Ouro Preto 2007. **Anais...ENCAC 2007.**

LAMBERTS, R.L., CARLO, J. Uma discussão sobre a regulamentação de eficiência Energética em Edificações. Mercofrio 2004. In: Congresso de Ar condicionado, Refrigeração, Aquecimento e Ventilação do MERCOSUL, 4, 2004. **Anais...MERCOFRIO 2004.** Disponível em: www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/MercofrioLamberts_Carlo.pdf. Acesso em: 10 de out. de 2010.

LIMA, G.L.F., **Influência de variáveis arquitetônicas no desempenho energético de Hotéis no clima quente e úmido da cidade de Natal/RN.** 2007 .160 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)- Curso de Pós –Graduação em Arquitetura e Urbanismo. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2007.

LOIS, E; LABAKI, L. Conforto térmico em espaços externos: Uma revisão. In: Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. 4, 2001. São Pedro/SP. **Anais...ENCAC 2001.**

LOMBARDO, M. A.; NETO, P. S. Q. Transformação da paisagem na área de transição urbano-rural: repercussões sobre o clima urbano. In: Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. 4, 2001. São Pedro/SP. **Anais...ENCAC 2001.**

LOVE, J.A.; TIAN, Z. **Window-To-Wall Ratios And Commercial Building Environmental Control In Cold Climates.** Energy and Buildings Volume 41, Issue 3, Pages 320-330. March 2009. Disponível: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778808002193>. Acesso em: 25 de Out. 2011.

LUADARES, D.; MUELLER, C. Iluminação e Sustentabilidade. **Revista Lume Arquitetura.** São Paulo, número 26. P. 32-35. 2007.

MARINOSKI, D.L. **Aperfeiçoamento de um sistema de medição de ganho de calor solar através de aberturas.** 2005. 122p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil-PPGEC, Universidade Federal de Santa Catarina- UFSC, Florianópolis, 2005.

MASCARENHAS, A.C.R.; D'ALACÂNTARA, A.; NERY, J.M.F.G.; FREIRE, T. M. M. Conservação de energia em edificações comerciais na cidade de Salvador. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 3, 1995. **Anais...** Gramado: ENCAC, 1995.

Disponível: www.labeee.ufsc.br/arquivos/publicacoes/ENCAC2003_CARLO.pdf. Acesso em 28 de Nov. 2010.

MASCARÓ, J.L. MASCARÓ, L. **Incidência das variáveis projetivas e de construção no consumo energético dos edifícios**. Porto Alegre: Sagra- DC Luzzato. 1992.

MASCARÓ, L. **Energia na edificação: energia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Projetos Editores Associados, 1985.

MEDEIROS, L. F. **Redes Neurais em Delphi**. 2ª. Edição. Florianópolis: Editora Visual Books, 2006.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR (2010). Portaria no. 449, de 25 de novembro de 2010. Art. 1º Aprova o Regulamento Técnico da Qualidade-RTQ para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residências. Disponível em: WWW.inmetro.gov.br.

NAKATA, C. **Projeto CEU** (Consumo de Energia Urbana). Fase C: Modelagem da temperatura urbana por Redes Neurais Artificiais considerando a vegetação. 2006/2007. 38 f. Relatório Final de Pesquisa. PIBIC-CNPq-UNESP.

NASCIMENTO, L.B.P.; BARBOSA, M.J. Análise da Influência de Variáveis Construtivas e de Variáveis de Uso e Ocupação no Consumo de Energia em Edifícios de Escritório. In: X ENCONTRO NACIONAL e VII ENCONTRO LATIINO AMERICANO de C O N F O R T O N O A M B I E N T E C O N S T R U Í D O, 2009, Natal. **Anais...**ENCAC 2009. P. 1114-1123.

OLIVEIRA, A. P., **Projeto CÉU** (Consumo de Energia Urbana). Relações entre o Consumo de Energia Elétrica, a Geometria Urbana e o Perfil do Usuário. Bauru, 2007. Relatório final de pesquisa. Relatório Final de Pesquisa. PIBIC-CNPq-UNESP.

PANESI, A.R.Q. **Fundamentos de eficiência energética**. São Paulo: Ensino Profissional, 2006, 189 p.

PAPST, A. L. **Uso De Inércia Térmica No Clima Subtropical Estudo de Caso em Florianópolis – SC**. 1999. 163 f. Dissertação de Mestrado da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. Florianópolis, 1999. Disponível: http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Ana_Ligia_Papst.pdf. Acesso em 8 de Out. 2011.

PEREIRA, C.D., **A influência do Envelope no desempenho térmico de edificações residenciais uni familiares ocupadas e ventiladas naturalmente**. 2009 124 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Curso de Pós –Graduação Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianopolis, 2009.

PINHEIRO, A. P. **Envoltória é decisiva para a economia de energia**. Disponível em: [engenhariaearquitectura.com. BR/wp/?p=5121](http://engenhariaearquitectura.com.br/wp/?p=5121). Acesso em 17 de fev. 2011.

PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA (PROCEL). Disponível em: www.eletronbras.com/procel. Acesso em 09 de fev. 2007.

REIS, L.B.; CUNHA, E.C.N. **Energia elétrica e sustentabilidade: aspectos tecnológicos, socioambientais e legais**. Barueri: Manole, 2006.

ROCHA, E.F. **Análise da Relação entre Desenho e Implantação de Edificações Unifamiliares e o Consumo de Energia**. 2007. 91 f. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Bauru, 2007.

RODRIGUES DA SILVA, A.N. **Pesquisa Origem-Destino da cidade de São Carlos**. 2009. Relatório FAPESP, São Carlos, SP (acesso restrito).

ROMERO, M. A. B. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. São Paulo: P.W., 1988, 128. Disponível: http://www.revsbau.esalq.usp.br/artigos_cientificos/artigo170-publicacao.pdf. Acesso em 07 de Outubro de 2011.

RORIZ, M.; GHISI, E; LAMBERTS, R. Uma proposta de norma técnica sobre desempenho térmico de habitações populares. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 5, 1999. Fortaleza. **Anais...ANTAC 1999**.

SANTANA, M. V.; GHISI, E. **Influência do percentual de área de janela na fachada e da absorvância de paredes externas no consumo de energia em edifícios de escritório da Cidade de Florianópolis - SC**. 2009. 19 f. Monografia apresentada ao Eco_Lógicas: Concurso Catarinense de Monografias sobre Energias Renováveis e Eficiência Energética. Instituto IDEAL. Florianópolis, 2009.

SARTORI, I; HESTNES, A. G. Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: A review article. **Energy and Buildings**, v.39, p. 249–257. 2007.

SATTLER, M.A. Edificações e comunidades sustentáveis: atividades em desenvolvimento no NORIE/UFRGS. In: IV SEMINÁRIO IBERO-AMERICANO DA REDE CYTED XIV.C, 4, 2002. **Anais...São Paulo, IPT, 2003**.

SHEBI, S.S. **Effect of window to wall ratio and different climate conditions on energy consumption for residential and commercial buildings in Egypt**. HBRC journal. Vol. 3 No. 2. August 2007. Disponível em: www.hbrc-journal.gov.eg/files/22.pdf. Acesso em 10 de Nov. 2010.

SIGNOR, R. **Análise de Regressão do consumo de energia elétrica frente à variável arquitetônica energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras**. 1999. 120 f.

Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil)- Curso de Pós –Graduação Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1999.

SILVA, A.N.R; RAMOS, R.A.R.R; SOUZA, L.C.L; RODRIGUES, D.S; MENDES, J.F.G. **SIG: uma plataforma para introdução de técnicas emergentes no planejamento urbano, regional e de transportes:** uma ferramenta 3D para análise ambiental urbana, avaliação multicritério, redes neurais artificiais. São Carlos, SP: Ed. Dos Autores, 2004.

SOUZA, L.C.L. DE; PIZARRO, P. R. Analisando a influência da orientação no Consumo de energia em um conjunto habitacional. n: Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. IV, 2001. São Pedro/SP. **Anais...ENCAC 2001.**

SOUZA, L.C.L.; PEDROTTI, F.S.; LEME, F.T. Urban geometry and electrical energy consumption in a tropical city. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE, 5., 2003, Lódz. Proceedings. Lódz: Faculty of Geographical Sciences Department of Meteorology and Climatology, University of Lódz, 2003. 1 CD-ROM.

SOUZA, L. C.L.; PIZARRO, P. R. Analisando a influência da orientação no consumo de energia em um conjunto habitacional. In: Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído. IV, 2001. São Pedro/SP. **Anais...ENCAC 2001.**

SOUZA, L. C. L; YAMAGUTI, M. L. Influência de variáveis de implantação do edifício no consumo de energia elétrica. In: In: Encontro Nacional e Latino Americano de Conforto Ambiental no Ambiente Construído, IX, V. 2007. Ouro Preto 2007. **Anais...ENCAC 2007.**

STRAUBE, J. **Can Fully Glazed Curtainwalls Be Green?** Paper GreenSource Magazine. 2008. Disponível em: greensource.construction.com/people/0807_opinion.asp. Acesso em 12 de Jun. 2010.

TOLEDO, L. M. A.; LAMBERTS, R.; PIETROBON, C.E. Influência de características arquitetônicas no consumo de energia elétrica de edifícios de escritórios de Florianópolis. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, III, 1995. **Anais...ENCAC, 1995.**

VECCHIA, F. Isolamento por Reflexão. In: Encontro Nacional e Encontro Latino-Americano sobre Conforto no Ambiente Construído, VI, III. 2001. São Pedro-SP. **Anais...ENCAC 2001.**

VIANNA, N.S.; GONÇALVES, J.S. **Iluminação e arquitetura.** São Paulo: Ed. Virtus, 2001.

WHITE, T; MITCHELL, D.; DANA, T.; BRAIN,T. Effective Early of a Simplified Simulation Tool for High Performance K-5 Schools in Hot and Humid Climates P Im, J Haberl. In: SimBuild 2008. **Paper Technical Sessions.** Disponível em:

ibpsa.us/simbuild2008/technical_sessions/SB08-PPT-TS09-3-White.pdf. Acesso em 12 de Jun. 2010.

APÊNDICE

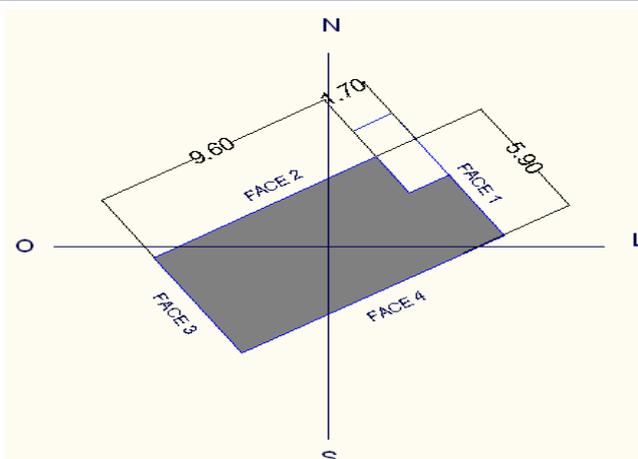
FICHAS DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Gastão de Sá, 1552

R1

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Cinza Claro)

Outros ()

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material ()

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros ()

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

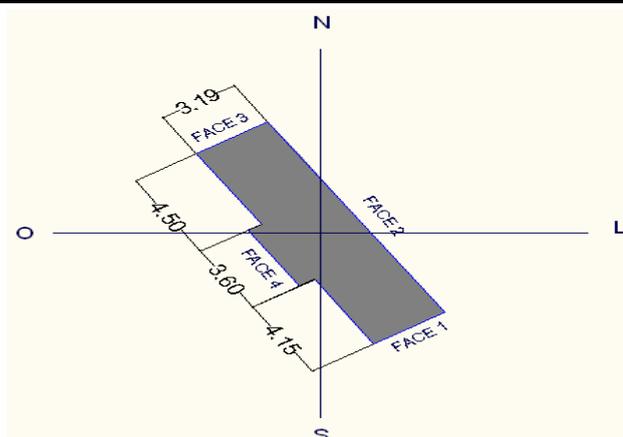
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|-------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 62.25 | NE | 1 | 3.36 | 17.7 |
| Número de ocupantes: | 3 | NO | 2 | 5.50 | 33.9 |
| Ângulo de orientação: | 302 | SO | 3 | 0 | 17.7 |
| | | SE | 4 | 1.55 | 33.9 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 10.41 | 103.2 |
| Consumo de energia(KW/h): | 289 | Carga Instalada (KVA): 4880 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Vasco da Gama, 394

R2

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Cinza Claro)

Outros ()

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material ()

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros ()

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

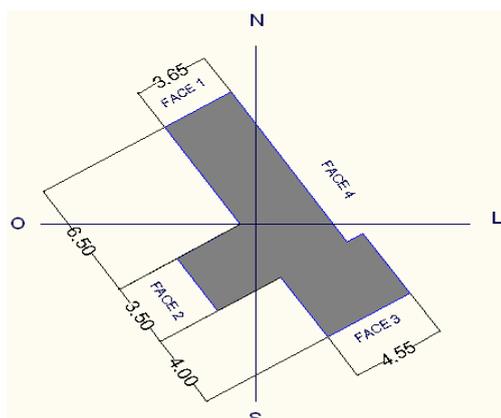
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|-------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 40.79 | SE | 1 | 1.76 | 11.37 |
| Número de ocupantes: | 3 | NE | 2 | 0.00 | 0 |
| Ângulo de orientação: | 32 | NO | 3 | 0.64 | 11.37 |
| | | SO | 4 | 2.64 | 36.75 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 5.04 | 59.49 |
| Consumo de energia(KW/h): | 506 | Carga Instalada (KVA): 3680 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 895

R3

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Vanila)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

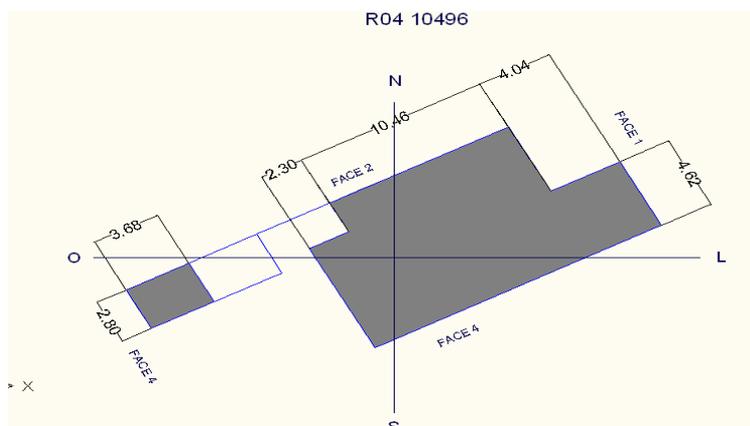
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|-------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 70.32 | NO | 1 | 3.24 | 13.65 |
| Número de ocupantes: | 3 | SO | 2 | 3.68 | 12 |
| Ângulo de orientação: | 32 | SE | 3 | 0 | 0 |
| | | NE | 4 | 1.52 | 19.2 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 8.44 | 44.85 |
| Consumo de energia(KW/h): | 19.2 | Carga Instalada (KVA): 3770 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Nações Unidas, 220

R4

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pessego)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Laje de concreto e reboco comum.

Placas de fibrocimento

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Outros ()

Compensado de Madeira

Cor do material (_____)

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

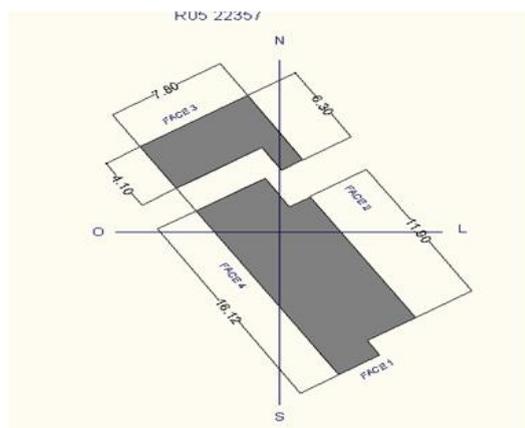
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 165.66 | NE | 1 | 4.28 | 34.8 |
| Número de ocupantes: | 3 | NO | 2 | 5.50 | 6.9 |
| Ângulo de orientação: | 118 | SO | 3 | 7.9 | 27.99 |
| | | SE | 4 | 7.36 | 61.44 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 25.04 | 131.13 |
| Consumo de energia(KW/h): | 284 | Carga Instalada (KVA): 9270 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 87

R5

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Verde Claro)

Outros ()

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Laje de concreto e reboco comum.

Placas de fibrocimento

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Outros ()

Compensado de Madeira

Cor do material ()

Outros ()

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

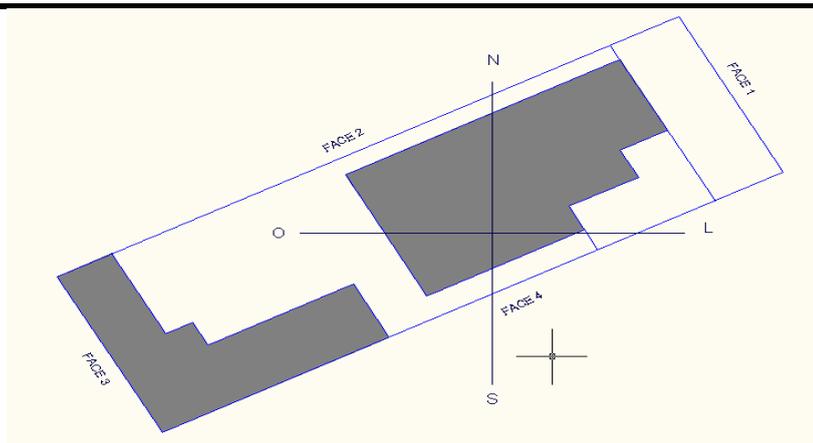
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 122.59 | SE | 1 | 11.95 | 53.79 |
| Número de ocupantes: | 3 | NE | 2 | 4.05 | 44.1 |
| Ângulo de orientação: | 212 | NO | 3 | 0.56 | 19.5 |
| | | SO | 4 | 1.62 | 10.86 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 18.18 | 128.25 |
| Consumo de energia(KW/h): | 253 | Carga Instalada (KVA): 3680 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Teixeira de Barros, 304

R6

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Laranja)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

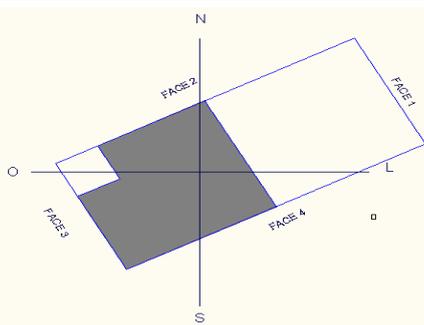
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 231.36 | NE | 1 | 10.12 | 67.74 |
| Número de ocupantes: | 5 | SE | 2 | 5.40 | 48.51 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 0 | 27.09 |
| | | NO | 4 | 6.86 | 78.96 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 22.38 | 222.3 |
| Consumo de energia(KW/h): | 337.97 | Carga Instalada (KVA): 6710 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Teixeira de Barros, 374

R7

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (___)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

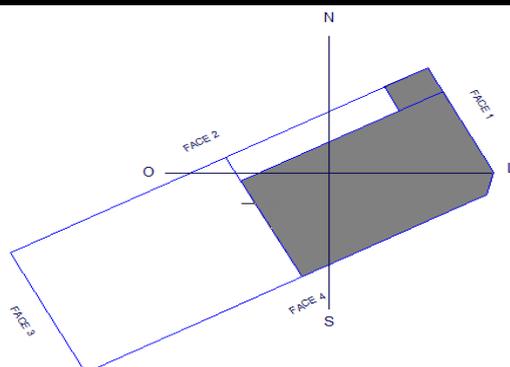
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 82.16 | NE | 1 | 0.00 | 0 |
| Número de ocupantes: | 4 | NO | 2 | 3.48 | 27 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 5.6 | 8.4 |
| | | SE | 4 | 1.8 | 8.4 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 10.88 | 43.8 |
| Consumo de energia(KW/h): | 131.15 | Carga Instalada (KVA): 3920 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Teixeira de Barros, 492

R8

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Branca)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Laje de concreto e reboco comum.

Placas de fibrocimento

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Outros (_____)

Compensado de Madeira

Cor do material (_____)

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

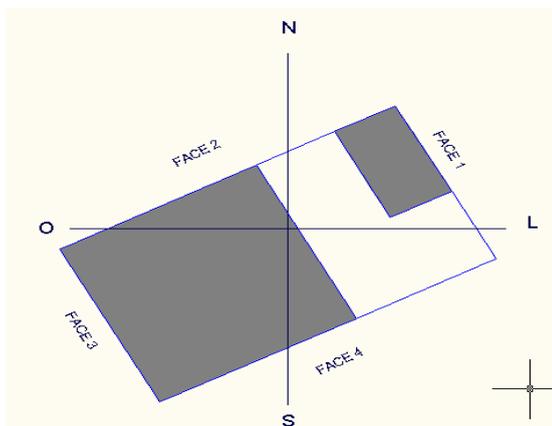
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 105.32 | NE | 1 | 4.59 | 25.26 |
| Número de ocupantes: | 2 | NO | 2 | 3.45 | 41.16 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 1.68 | 22.95 |
| | | SE | 4 | 4.94 | 37.62 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 14.66 | 126.99 |
| Consumo de energia(KW/h): | 166.47 | Carga Instalada (KVA): 5310 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Teixeira de Barros, 294

R9

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Laranja)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

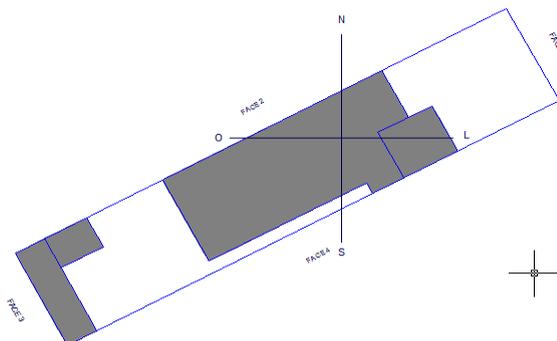
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|------------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 118 | NE | 1 | 6.16 | 29.58 |
| Número de ocupantes: | 3 | SE | 2 | 0.00 | 0 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 6.13 | 29.58 |
| | | NO | 4 | 3.3 | 30.6 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 15.59 | 89.76 |
| Consumo de energia(KW/h): | 307.71 | Carga Instalada (KVA): 11630 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Teixeira de Barros, 352

R10

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Branca)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Laje de concreto e reboco comum.

Placas de fibrocimento

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Outros (_____)

Compensado de Madeira

Cor do material (_____)

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

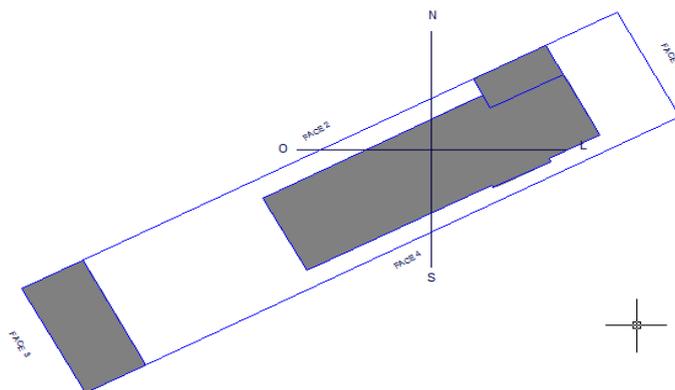
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 273.86 | NE | 1 | 6.60 | 39.15 |
| Número de ocupantes: | 1 | NO | 2 | 0.00 | 0 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 1.68 | 25.71 |
| | | SE | 4 | 10.73 | 79.92 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 19.01 | 144.78 |
| Consumo de energia(KW/h): | 136.19 | Carga Instalada (KVA): 4880 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Teixeira de Barros, 536

R11

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

() Revestimento em Argamassa comum

() Revestimento em Pedra

() Alvenaria de blocos cerâmico maciço

(x) Cor das paredes (Areia)

() Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

(x) Telha de barro

() Placas de fibrocimento

() Outros (_)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

(x) Laje de concreto e reboco comum.

() Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

() Compensado de Madeira

() Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

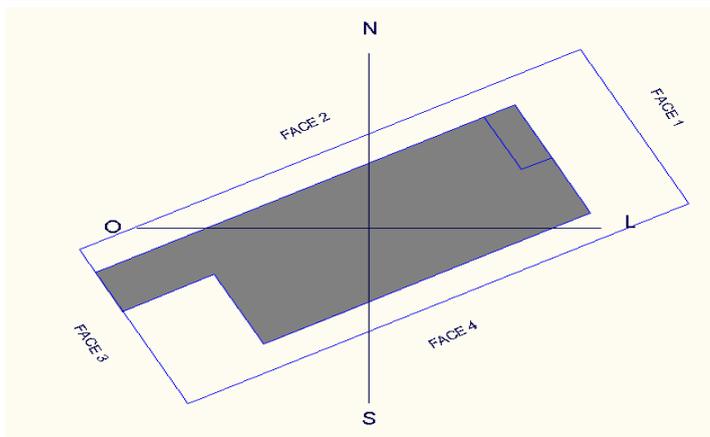
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 232.51 | NE | 1 | 14.84 | 47.5 |
| Número de ocupantes: | 1 | NO | 2 | 10.69 | 73.5 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 2.83 | 21 |
| | | SE | 4 | 8.61 | 74.7 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 36.97 | 216.7 |
| Consumo de energia(KW/h): | 190 | Carga Instalada (KVA):10450 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Av. Dr. Bernadino de Campos, 1388

R12

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

() Revestimento em Argamassa comum

() Revestimento em Pedra

() Alvenaria de blocos cerâmico maciço

(x) Cor das paredes (Vanila)

() Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

(x) Telha de barro

() Placas de fibrocimento

(x) Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

() Laje de concreto e reboco comum.

() Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

(x) Compensado de Madeira

() Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

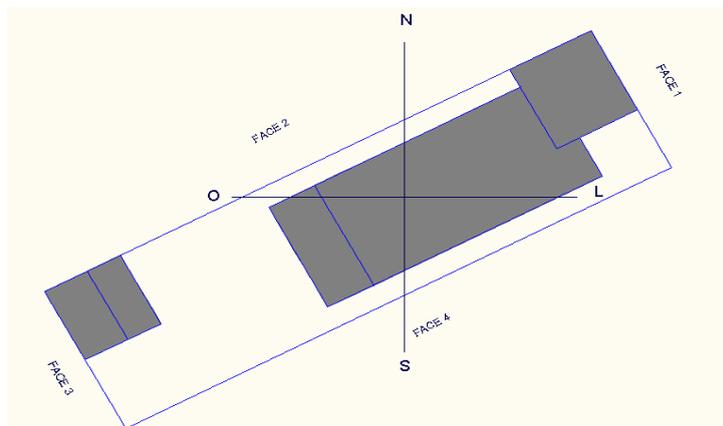
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 198.45 | NE | 1 | 2.95 | 25.5 |
| Número de ocupantes: | 4 | NO | 2 | 6.87 | 61.5 |
| Ângulo de orientação: | 118 | SO | 3 | 0.49 | 7.5 |
| | | SE | 4 | 5.66 | 78 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 15.97 | 172.5 |
| Consumo de energia(KW/h): | 181.59 | Carga Instalada (KVA): 3770 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1498

R13

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_Eternit_)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

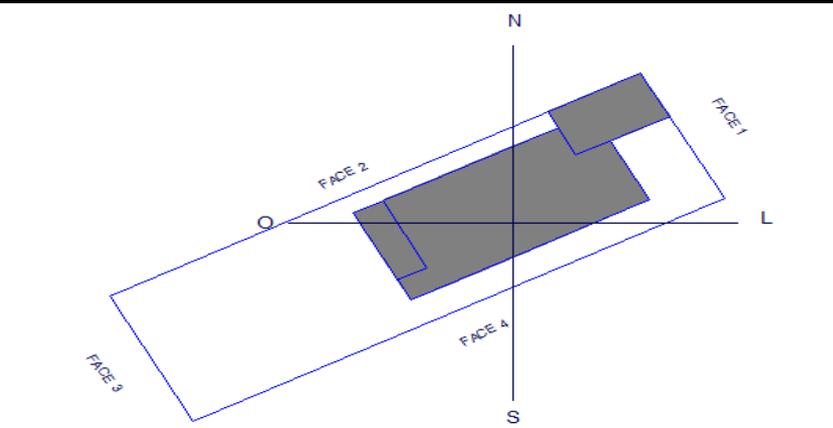
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 175.82 | NE | 1 | 3.65 | 36.9 |
| Número de ocupantes: | 5 | NO | 2 | 1.00 | 45 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 2.1 | 21 |
| | | SE | 4 | 3.2 | 36.6 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 9.95 | 139.5 |
| Consumo de energia(KW/h): | 365.72 | Carga Instalada (KVA):9450 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Bernadino de Campos, 828

R14

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Amarelo)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

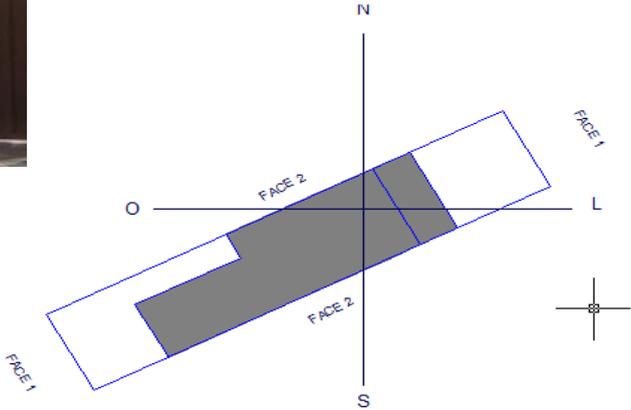
Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 68.93 | NE | 1 | 2.24 | 18.3 |
| Número de ocupantes: | 3 | NO | 2 | 0.82 | 27 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 1.08 | 18.3 |
| | | SE | 4 | 0 | 6 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 4.14 | 69.6 |
| Consumo de energia(KW/h): | 181.97 | Carga Instalada (KVA):3850 | | | |

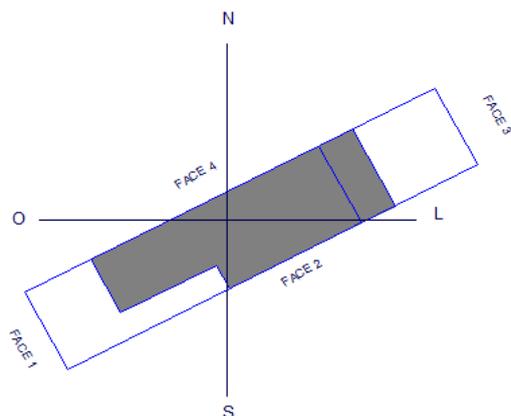
| TABELA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS | | | | | |
|--|--------|----------------------------|--|---------------|---------------------|
|  | | Lote nº 821 | | R15 | |
| | | LEVANTAMENTO | | | |
|  | | | | | |
| FOTOS | | | | | |
|  | | | | | |
| Face 1 | | | | | |
| VEDAÇÕES EXTERNAS | | | | | |
| Parede (espessura: 0,25 m) | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Revestimento em Argamassa comum | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Revestimento em Pedra | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Alvenaria de blocos cerâmico maciço | | | | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Cor das paredes (Areia) | | | | | |
| <input type="checkbox"/> Outros (_____) | | | | | |
| SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS | | | | | |
| Fachadas Sombreadas: | | | | | |
| TELHADO | | | Cobertura : Forro | | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Telha de barro | | | <input type="checkbox"/> Laje de concreto e reboco comum. | | |
| <input type="checkbox"/> Placas de fibrocimento | | | <input type="checkbox"/> Argamassa de gesso (ou cal e gesso) | | |
| <input type="checkbox"/> Outros (_____) | | | <input checked="" type="checkbox"/> Compensado de Madeira | | |
| Cor do material (_____) | | | <input type="checkbox"/> Outros (_____) | | |
| ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO | | | | | |
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
| AREA TOTAL (m²): | 64.58 | NO | 1 | 2.43 | 14.79 |
| Número de ocupantes: | 2 | SO | 2 | 0.00 | 0 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SE | 3 | 1.88 | 14.7 |
| | | NE | 4 | 1.5 | 17.1 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 5.81 | 46.59 |
| Consumo de energia(KW/h): | 156.37 | Carga Instalada (KVA):4880 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 817

R16

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros ()

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material ()

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros ()

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

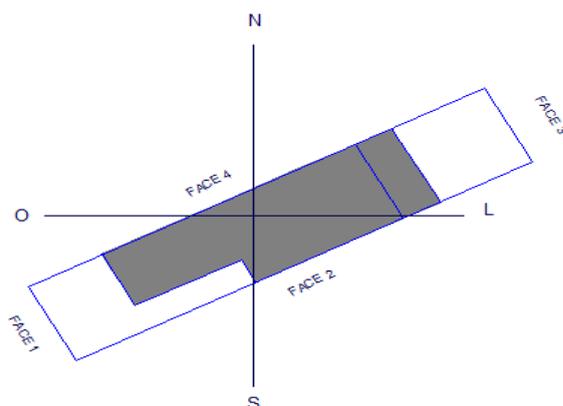
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 64.58 | NO | 1 | 2.43 | 14.79 |
| Número de ocupantes: | 1 | SO | 2 | 1.50 | 17.1 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SE | 3 | 1.88 | 14.7 |
| | | NE | 4 | 0 | 0 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 5.81 | 46.59 |
| Consumo de energia(KW/h): | 277.43 | Carga Instalada (KVA):6500 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 811

R17

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

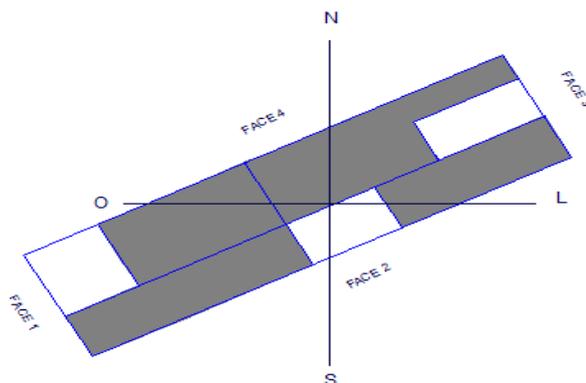
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 64.58 | NO | 1 | 2.43 | 14.79 |
| Número de ocupantes: | 3 | SO | 2 | 1.50 | 17.1 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SE | 3 | 1.88 | 14.7 |
| | | NE | 4 | 0 | 0 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 5.81 | 46.59 |
| Consumo de energia(KW/h): | 189.16 | Carga Instalada (KVA):4970 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 739

R18

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

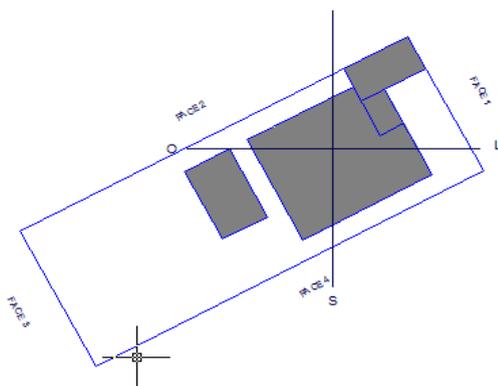
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 123.79 | NE | 1 | 1.74 | 21.3 |
| Número de ocupantes: | 2 | NO | 2 | 3.32 | 36.18 |
| Ângulo de orientação: | 118 | SO | 3 | 3.64 | 15.18 |
| | | SE | 4 | 3.48 | 17.4 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 12.18 | 90.06 |
| Consumo de energia(KW/h): | 163.94 | Carga Instalada (KVA):1900 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 940

R21

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

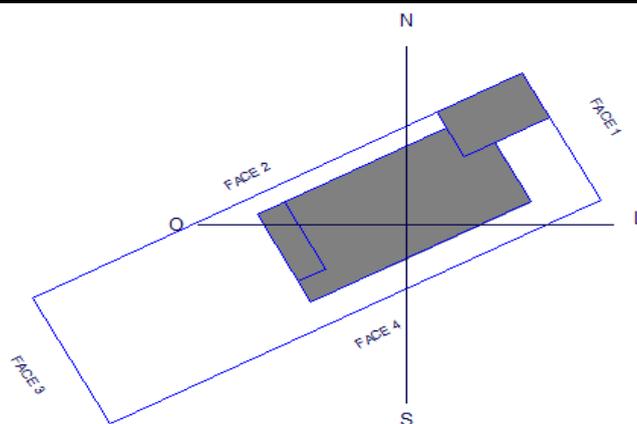
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 111.71 | NE | 1 | 3.33 | 53.55 |
| Número de ocupantes: | 1 | NO | 2 | 0.00 | 40.38 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 1.64 | 40.95 |
| | | SE | 4 | 0.9 | 40.38 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 5.87 | 175.26 |
| Consumo de energia(KW/h): | 133.67 | Carga Instalada (KVA):5010 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 848

R22

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

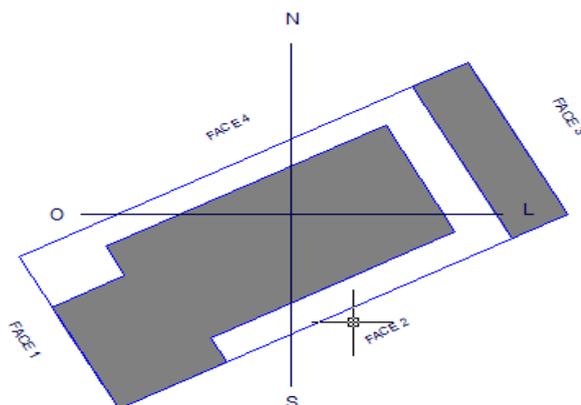
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|-------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 84.28 | NE | 1 | 2.49 | 18.9 |
| Número de ocupantes: | 3 | NO | 2 | 1.56 | 31.5 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 1.59 | 18.9 |
| | | SE | 4 | 2 | 36 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 7.64 | 105.3 |
| Consumo de energia(KW/h): | 136.6 | Carga Instalada (KVA):1860 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1507

R23

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_Eternit_)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

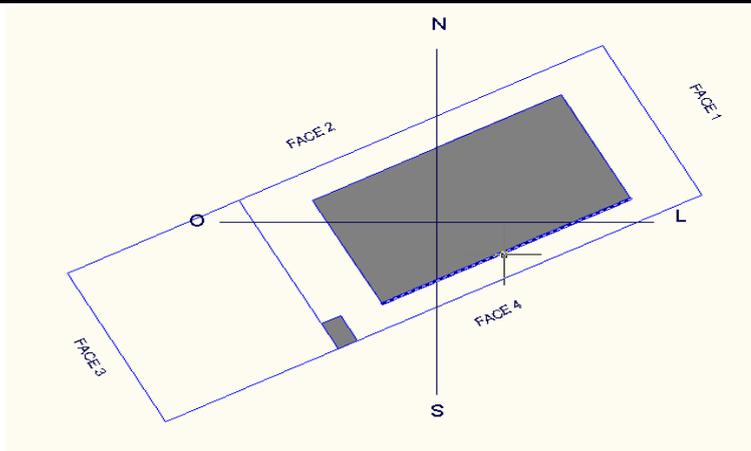
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 173.46 | SO | 1 | 5.20 | 39.3 |
| Número de ocupantes: | 4 | SE | 2 | 1.00 | 51 |
| Ângulo de orientação: | 118 | NE | 3 | 0.84 | 45 |
| | | NO | 4 | 2.08 | 21 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 9.12 | 156.3 |
| Consumo de energia(KW/h): | 296.05 | Carga Instalada (KVA):5120 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1064

R24

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

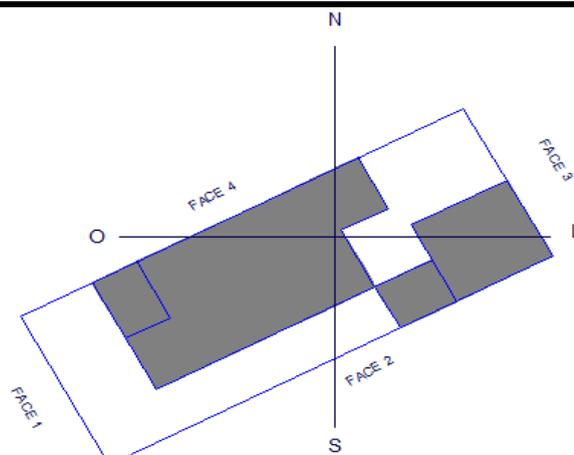
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|-------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 92.69 | NO | 1 | 2.34 | 20.4 |
| Número de ocupantes: | 1 | NE | 2 | 3.08 | 29.4 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 2.08 | 20.4 |
| | | SE | 4 | 1.76 | 39 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 9.26 | 109.2 |
| Consumo de energia(KW/h): | 69.5 | Carga Instalada (KVA):3740 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1175

R25

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Vanila)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (__)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

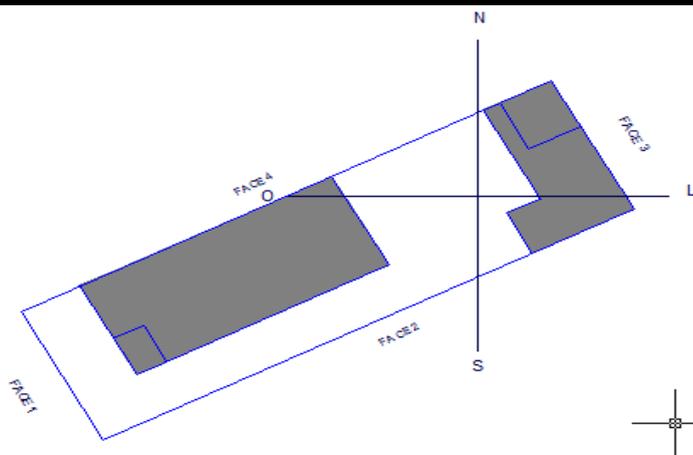
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 106.52 | SO | 1 | 2.94 | 31.56 |
| Número de ocupantes: | 3 | SE | 2 | 2.44 | 41.85 |
| Ângulo de orientação: | 118 | NE | 3 | 0.6 | 19.05 |
| | | NO | 4 | 0.64 | 15 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 6.62 | 107.46 |
| Consumo de energia(KW/h): | 177 | Carga Instalada (KVA):7960 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 602

R26

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Ocre)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

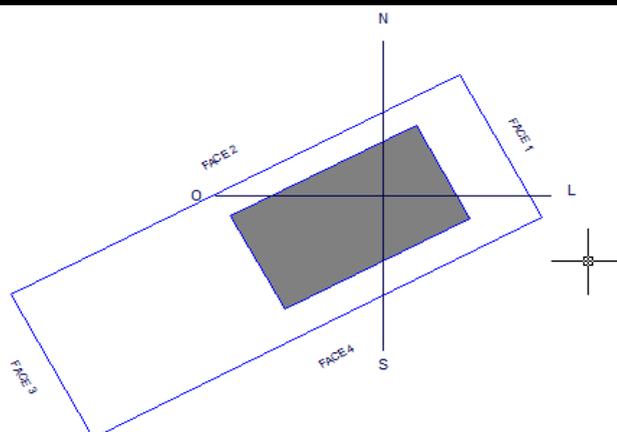
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 135.91 | SO | 1 | 3.20 | 29.13 |
| Número de ocupantes: | 3 | SE | 2 | 3.68 | 54 |
| Ângulo de orientação: | 118 | NE | 3 | 5.8 | 5.8 |
| | | NO | 4 | 0 | 0 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 8.00 | 88.93 |
| Consumo de energia(KW/h): | 335.46 | Carga Instalada (KVA):4970 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Bernadino de Campos, 1170

R27

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Vanila)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_____)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

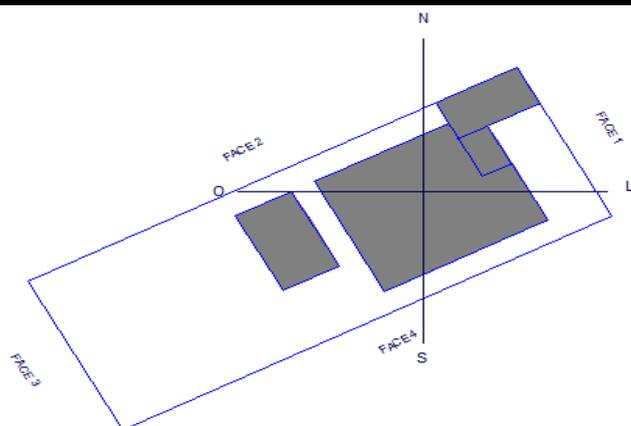
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 82.5 | NE | 1 | 1.94 | 19.8 |
| Número de ocupantes: | 5 | NO | 2 | 2.92 | 37.5 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 0.84 | 19.8 |
| | | SE | 4 | 2.4 | 37.5 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 8.10 | 114.6 |
| Consumo de energia(KW/h): | 173 | Carga Instalada (KVA):5240 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 827

R28

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

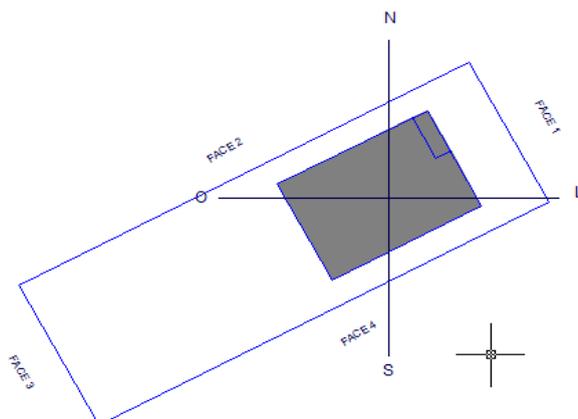
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 170.36 | NE | 1 | 6.68 | 52.38 |
| Número de ocupantes: | 2 | NO | 2 | 4.80 | 48 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 2.28 | 22.38 |
| | | SE | 4 | 9 | 48 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 22.76 | 170.76 |
| Consumo de energia(KW/h): | 135.5 | Carga Instalada (KVA):3810 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1048

R29

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Vanila)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (__)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

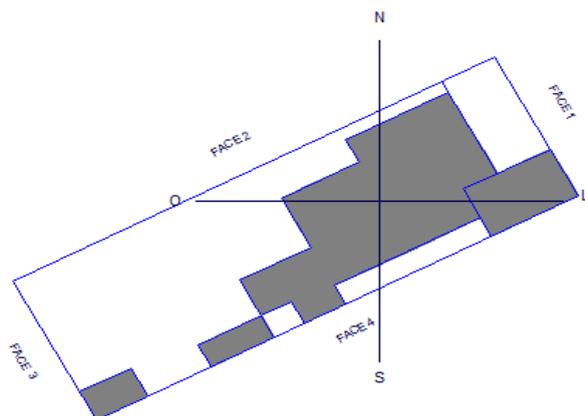
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 58.7 | SO | 1 | 2.99 | 17.61 |
| Número de ocupantes: | 2 | SE | 2 | 1.68 | 30 |
| Ângulo de orientação: | 298 | NE | 3 | 2.73 | 17.61 |
| | | NO | 4 | 1.5 | 30 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 8.90 | 95.22 |
| Consumo de energia(KW/h): | 133 | Carga Instalada (KVA):3870 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 810

R31

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Laje de concreto e reboco comum.

Placas de fibrocimento

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Outros (_____)

Compensado de Madeira

Cor do material (_____)

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

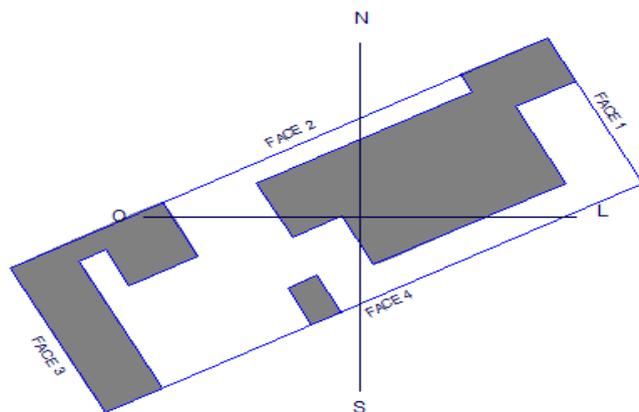
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 118.28 | NE | 1 | 4.93 | 36.03 |
| Número de ocupantes: | 2 | NO | 2 | 6.52 | 67.5 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 2.22 | 27.06 |
| | | SE | 4 | 5.4 | 38.82 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 19.07 | 169.41 |
| Consumo de energia(KW/h): | 322.84 | Carga Instalada (KVA):7810 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 950

R32

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_____)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

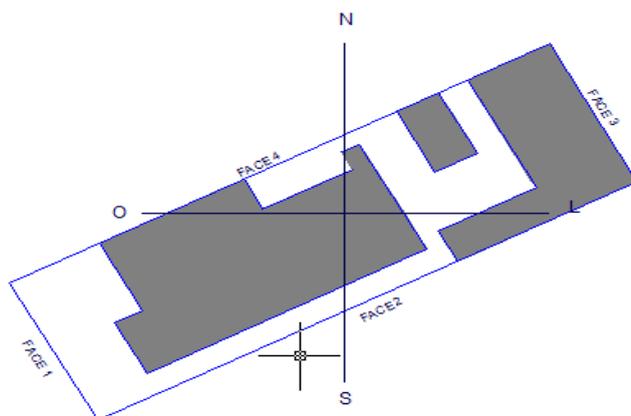
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 128.48 | NE | 1 | 6.30 | 55.32 |
| Número de ocupantes: | 5 | NO | 2 | 4.23 | 37.8 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 2.2 | 19.95 |
| | | SE | 4 | 5.4 | 52.8 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 18.13 | 165.87 |
| Consumo de energia(KW/h): | 311 | Carga Instalada (KVA):9300 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1057

R33

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Vede Claro)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_____)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

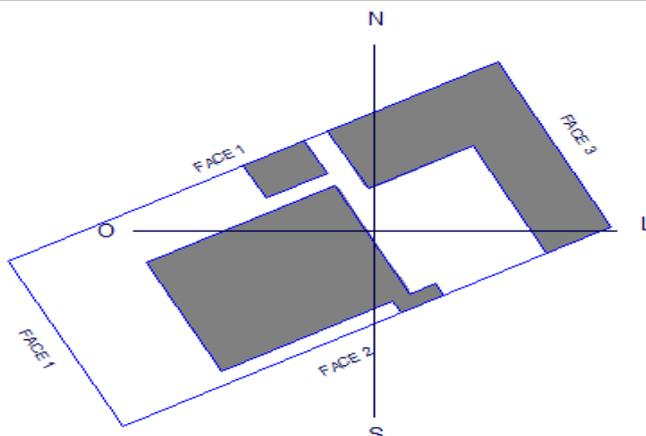
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 198.45 | SO | 1 | 3.60 | 41.49 |
| Número de ocupantes: | 4 | SE | 2 | 5.19 | 46.65 |
| Ângulo de orientação: | 118 | NE | 3 | 0.48 | 18 |
| | | NO | 4 | 2 | 15 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 11.27 | 121.14 |
| Consumo de energia(KW/h): | 210 | Carga Instalada (KVA):3790 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1529

R34

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Branco)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

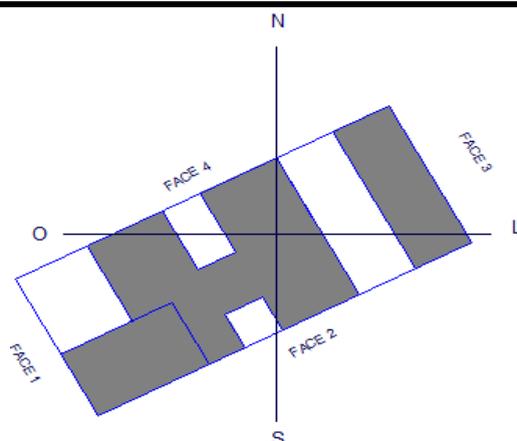
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 112.54 | SO | 1 | 3.34 | 38.7 |
| Número de ocupantes: | 6 | SE | 2 | 4.90 | 49.8 |
| Ângulo de orientação: | 118 | NE | 3 | 3.18 | 26.55 |
| | | NO | 4 | 3.36 | 27.78 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 14.78 | 142.83 |
| Consumo de energia(KW/h): | 344 | Carga Instalada (KVA):4010 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1401

R35

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Verde Claro)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_____)

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

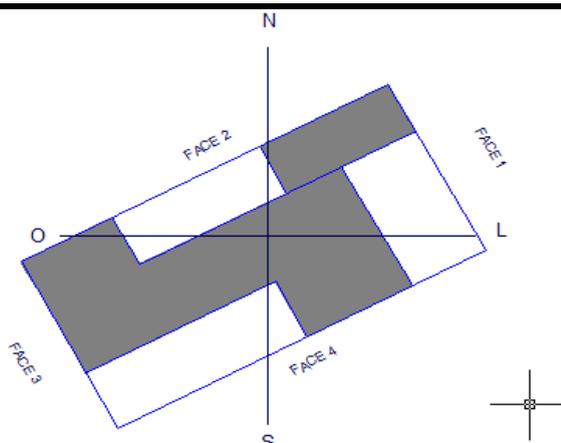
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 109.57 | SO | 1 | 0.00 | 12.3 |
| Número de ocupantes: | 2 | SE | 2 | 3.69 | 49.62 |
| Ângulo de orientação: | 118 | NE | 3 | 0 | 6 |
| | | NO | 4 | 3.48 | 24.81 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 8.00 | 92.73 |
| Consumo de energia(KW/h): | 262 | Carga Instalada (KVA):7740 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1318

R36

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Branco)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

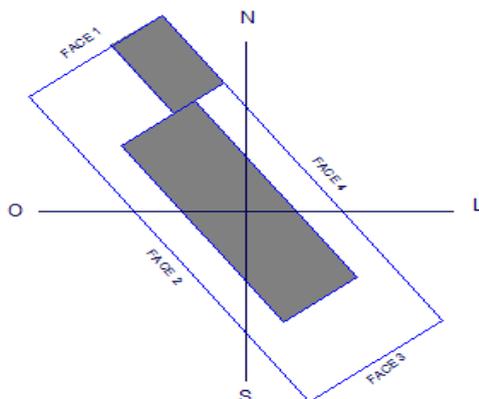
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 114.01 | NE | 1 | 2.64 | 30 |
| Número de ocupantes: | 1 | NO | 2 | 1.20 | 33 |
| Ângulo de orientação: | 298 | SO | 3 | 0.6 | 21.6 |
| | | SE | 4 | 2.19 | 30.9 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 6.63 | 115.5 |
| Consumo de energia(KW/h): | 104 | Carga Instalada (KVA):5240 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 693

R38

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

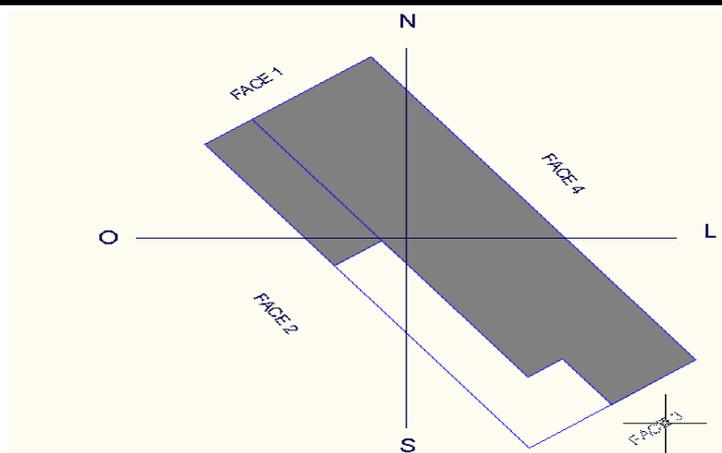
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 121.43 | NO | 1 | 9.11 | 41.49 |
| Número de ocupantes: | 2 | SO | 2 | 1.71 | 46.65 |
| Ângulo de orientação: | 37 | SE | 3 | 2.48 | 18 |
| | | NE | 4 | 3.58 | 15 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 16.88 | 121.14 |
| Consumo de energia(KW/h): | 158 | Carga Instalada (KVA):1860 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 53

R39

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Azul Claro)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_____)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

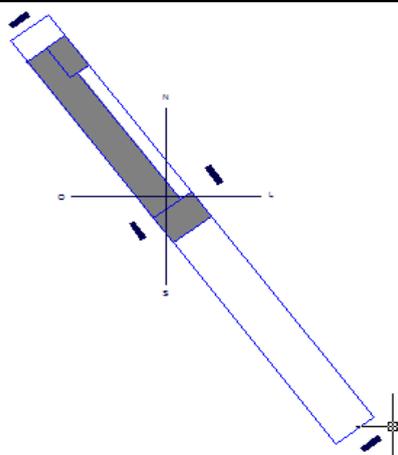
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 105.2 | NO | 1 | 0.00 | 0 |
| Número de ocupantes: | 3 | SO | 2 | 0.00 | 16.5 |
| Ângulo de orientação: | 37 | SE | 3 | 5.33 | 36 |
| | | NE | 4 | 2.1 | 16.5 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 7.43 | 69 |
| Consumo de energia(KW/h): | 109.59 | Carga Instalada (KVA):5160 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 699

R40

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Laje de concreto e reboco comum.

Placas de fibrocimento

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Outros (_____)

Compensado de Madeira

Cor do material (_____)

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

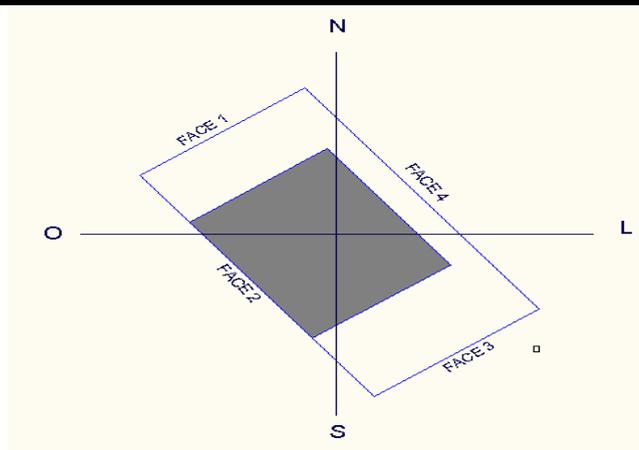
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 85.3 | NO | 1 | 10.85 | 54 |
| Número de ocupantes: | 2 | SO | 2 | 0.84 | 10.5 |
| Ângulo de orientação: | 37 | SE | 3 | 0 | 0 |
| | | NE | 4 | 2.4 | 7.8 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 14.09 | 72.3 |
| Consumo de energia(KW/h): | 158.45 | Carga Instalada (KVA): 4730 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 1226

R41

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Telha)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (Eternit)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

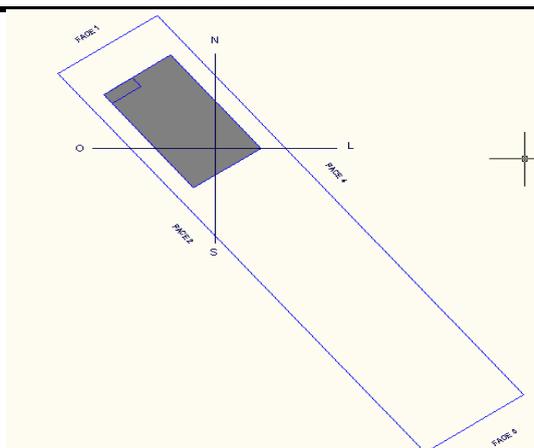
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 121.43 | NO | 1 | 3.18 | 19.92 |
| Número de ocupantes: | 2 | SO | 2 | 0.00 | 4.98 |
| Ângulo de orientação: | 37 | SE | 3 | 0.84 | 19.92 |
| | | NE | 4 | 2.23 | 24 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 6.25 | 68.82 |
| Consumo de energia(KW/h): | 204.29 | Carga Instalada (KVA):3770 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 157

R42

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

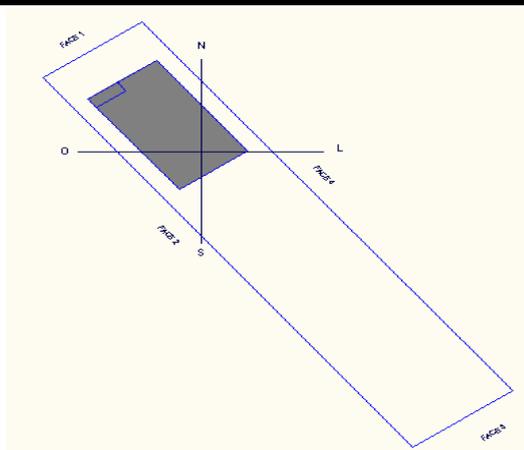
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|-----|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 63 | NO | 1 | 2.34 | 15.75 |
| Número de ocupantes: | 2 | SO | 2 | 2.20 | 31.5 |
| Ângulo de orientação: | 37 | SE | 3 | 0 | 15.75 |
| | | NE | 4 | 0.75 | 31.5 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 5.29 | 94.5 |
| Consumo de energia(KW/h): | 111 | Carga Instalada (KVA): 6400 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Des. Julio Faria, 23

R43

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Branco)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_____)

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

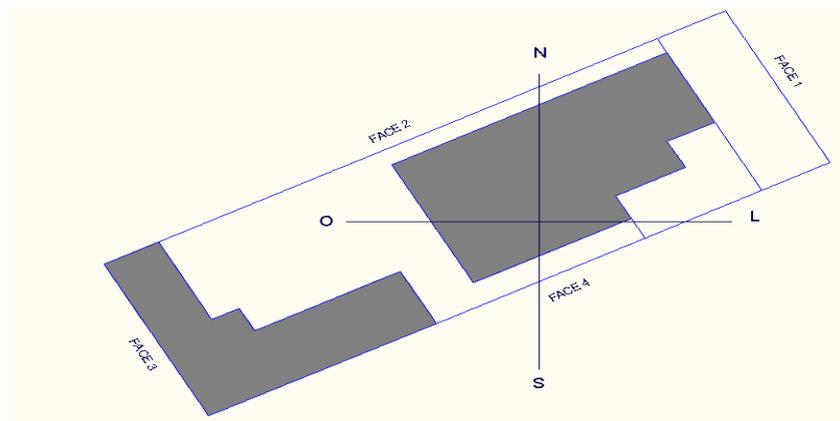
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 202.1 | NO | 1 | 7.06 | 37.5 |
| Número de ocupantes: | 2 | SO | 2 | 3.84 | 33.9 |
| Ângulo de orientação: | 37 | SE | 3 | 0 | 12 |
| | | NE | 4 | 2.4 | 33.9 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 13.30 | 117.3 |
| Consumo de energia(KW/h): | 202.75 | Carga Instalada (KVA):8030 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1268

R44

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

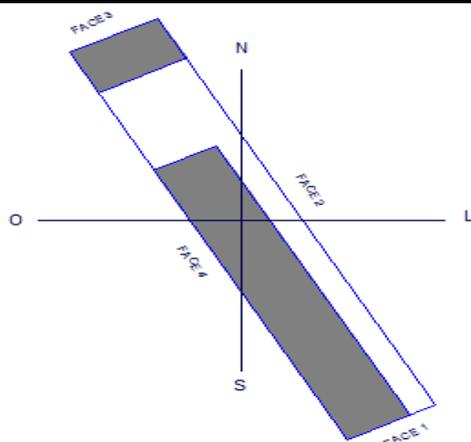
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 162.87 | SO | 1 | 0.72 | 23.49 |
| Número de ocupantes: | 2 | SE | 2 | 0.00 | 53.7 |
| Ângulo de orientação: | 298 | NE | 3 | 8.74 | 46.9 |
| | | NO | 4 | 8.78 | 53.7 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 18.24 | 177.79 |
| Consumo de energia(KW/h): | 302.66 | Carga Instalada (KVA):10920 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Ananias Evangelista de Toledo, 430

R46

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Pérola)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros (_)

Cor do material (_____)

Cobertura : Forro

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

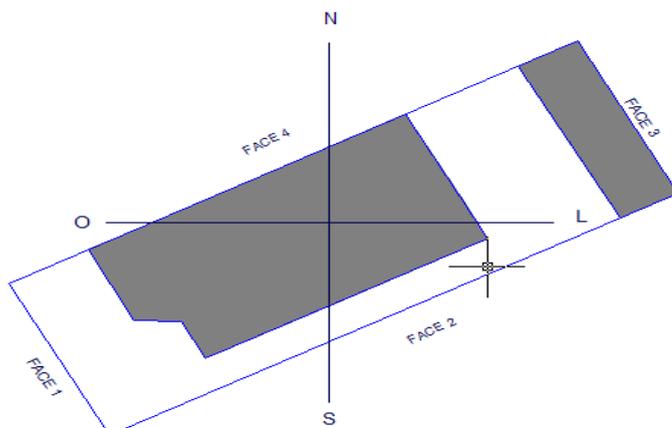
| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|--|--------|----------------------------|------|---------------|---------------------|
| ÁREA TOTAL (m²): | 113.46 | SE | 1 | 0.00 | 0 |
| Número de ocupantes: | 3 | NE | 2 | 1.10 | 10.5 |
| Ângulo de orientação: | 208 | NO | 3 | 8.96 | 60.75 |
| | | SO | 4 | 2.94 | 22.7 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 13.00 | 83.45 |
| Consumo de energia(KW/h): | 126.11 | Carga Instalada (KVA):6620 | | | |

FICHA DE CARACTERIZAÇÃO DAS RESIDÊNCIAS

Endereço: Rua Dr. Bernadino de Campos, 1268

R45

LEVANTAMENTO



FOTOS



Face 1

VEDAÇÕES EXTERNAS

Parede (espessura: 0,25 m)

Revestimento em Argamassa comum

Revestimento em Pedra

Alvenaria de blocos cerâmico maciço

Cor das paredes (Areia)

Outros (_____)

SOMBREAMENTO DAS ABERTURAS

Fachadas Sombreadas:

TELHADO

Cobertura : Forro

Telha de barro

Placas de fibrocimento

Outros ()

Cor do material (_____)

Laje de concreto e reboco comum.

Argamassa de gesso (ou cal e gesso)

Compensado de Madeira

Outros (_____)

ABERTURAS PARA VENTILAÇÃO

| Área do piso: | | ORIENTAÇÃO | FACE | ABERTURA (m²) | Área de fachada(m²) |
|---|--------|-----------------------------|------|---------------|---------------------|
| AREA TOTAL (m²): | 162.87 | SO | 1 | 0.72 | 23.49 |
| Número de ocupantes: | 2 | SE | 2 | 0.00 | 53.7 |
| Ângulo de orientação: | 298 | NE | 3 | 8.74 | 46.9 |
| | | NO | 4 | 8.78 | 53.7 |
| ÁREA TOTAL DAS ABERTURAS/fachada (m²): | | | | 18.24 | 177.79 |
| Consumo de energia(KW/h): | 302.66 | Carga Instalada (KVA):10920 | | | |