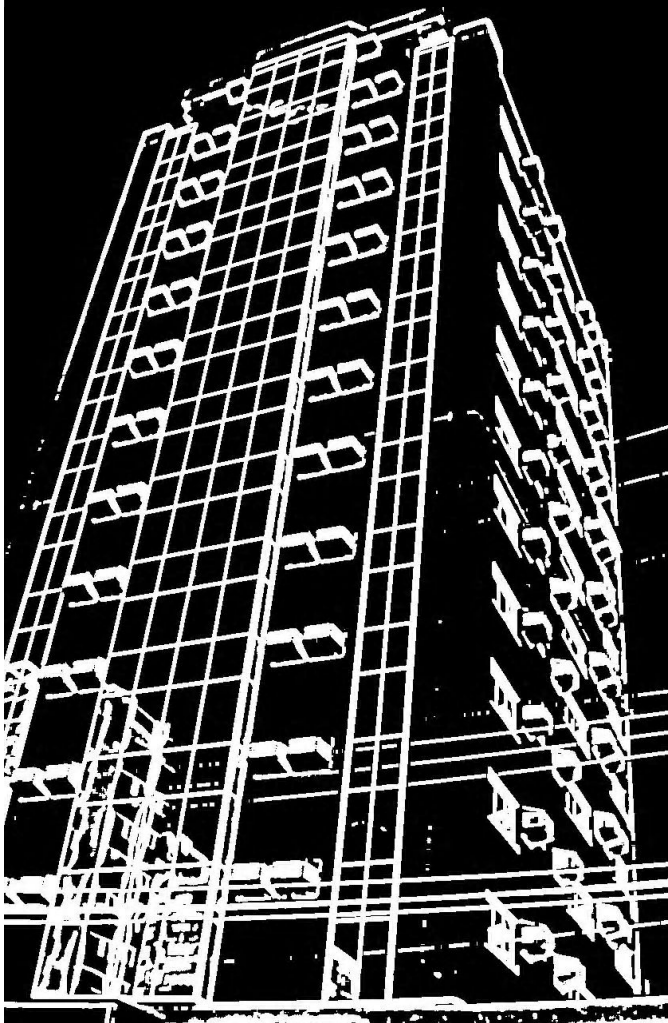


Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis - SC



Marina Vasconcelos Santana

Orientador: Prof. Eneir Ghisi, *PhD*

Dissertação de mestrado • Florianópolis 2006

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis - SC

MARINA VASCONCELOS SANTANA
Orientador: Prof. Enedir Ghisi, *Ph.D.*

Dissertação submetida ao Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Civil

Florianópolis
2006

Influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifícios de escritório localizados em Florianópolis - SC

MARINA VASCONCELOS SANTANA

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Civil pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina em 24 de abril de 2006.

Prof. Glicério Trichês, Dr. Eng.
Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil

Prof. Eneir Ghisi, *Ph.D.*
Orientador

Banca examinadora:

Prof. Maurício Roriz, Dr. Eng.
Examinador externo

Prof. Roberto Lamberts, *Ph.D.*
Examinador

Prof.^a Ana Lúcia Papst, Dr.^a Eng.
Examinadora

*S*umário

Lista de figuras.....	vii
Lista de tabelas.....	xi
Resumo.....	xiii
Abstract	xiv
1 Introdução	01
1.1 Colocação do problema.....	01
1.2 Objetivo.....	07
1.2.1 Objetivo geral.....	07
1.2.2 Objetivos específicos.....	07
1.3 Estrutura da dissertação.....	08
1.4 Contexto da dissertação.....	09
2 Revisão Bibliográfica	11
2.1 Introdução	11
2.2 Eficiência energética em edificações	11
2.3 Análise da eficiência energética em edificações	14
2.4 O programa simulador	23
2.5 Dados climáticos	25
2.6 Definição de tipologia predominante	27
2.7 Normas sobre eficiência energética	31
2.8 Considerações finais	36
3 Metodologia	37
3.1 Introdução	37
3.2 Levantamento de dados	37
3.2.1 Levantamento dos edifícios de escritório	38
3.2.2 Levantamento das tipologias construtivas	38
3.2.3 Orientação solar dos edifícios	40
3.2.4 Determinação da forma	41
3.2.5 Elementos de proteção solar	41
3.2.6 Levantamento das cores externas	41
3.2.7 Levantamento das atividades profissionais	43
3.2.8 Levantamento do padrão de ocupação	43
3.2.9 Levantamento do uso de equipamentos	44
3.2.10 Monitoramento dos equipamentos	46
3.3 Definição da tipologia predominante	47
3.3.1 Número de pavimentos	48
3.3.2 Forma dos edifícios	48
3.3.3 Proporção dos edifícios	48
3.3.4 Orientação das fachadas.....	48
3.3.5 Elementos de proteção solar	49

3.3.6	Detalhes construtivos	49
3.3.7	Percentual de área de janela na fachada – PJF	50
3.3.8	Padrão de ocupação dos edifícios	51
3.3.9	Padrão de uso dos equipamentos	51
3.3.10	Densidade de carga interna	51
3.4	Simulações termo-energéticas	52
3.4.1	Treinamento no programa de simulação EnergyPlus: método BESTEST	52
3.4.1.1	Caso 600	53
3.4.1.2	Caso 600 FF (<i>Free Floting</i>)	54
3.4.2	Simulação da tipologia predominante	55
3.4.3	Simulação das variações da tipologia predominante	55
3.4.3.1	Fator de projeção	56
3.4.3.2	Entorno	56
3.4.3.3	Coeficiente de sombreamento dos vidros	58
3.4.3.4	Percentual de área de janela na fachada	58
3.4.3.5	Transmitâncias térmicas	59
3.4.3.6	Absortâncias de radiação solar.....	59
3.4.3.7	Orientação	60
3.4.3.8	Atividades profissionais	60
3.4.3.9	Eficiência de aparelhos de ar condicionado	60
3.5	Considerações finais.....	61

4	Resultados	62
4.1	Introdução	62
4.2	Caracterização da tipologia	62
4.2.1	Distribuição e quantidade de edifícios de escritório	62
4.2.2	Número de pavimentos tipo	63
4.2.3	Forma, proporção e área	64
4.2.4	Orientação das fachadas	67
4.2.5	Orientação e área das coberturas	68
4.2.6	Elemento de proteção solar	70
4.2.7	Cores dos edifícios de escritório	72
4.2.8	Detalhes construtivos	74
4.3	Padrão de ocupação e uso de equipamentos	77
4.3.1	Atividades profissionais nos edifícios de escritório	77
4.3.2	Padrão de ocupação	77
4.3.3	Padrão de uso de equipamentos	79
4.3.4	Monitoramento dos equipamentos	79
4.4	Tipologia predominante	81
4.4.1	Testes dos PJFs	81
4.4.2	Características da tipologia predominante	84
4.5	Simulações termo-energéticas	87
4.5.1	Treinamento no programa de simulação EnergyPlus: método BESTEST	87
4.5.1.1	Caso 600	88
4.5.1.2	Caso 600 FF (<i>Free Floting</i>)	88
4.5.2	Simulação da tipologia predominante	90
4.5.2.1	Simulação da tipologia predominante: caso base	90
4.5.2.2	Simulação da tipologia predominante: teste de PFJs	93
4.5.3	Simulações das variações da tipologia predominante	95

4.5.3.1	Variações do fator de projeção.....	95
4.5.3.2	Variações do entorno.....	97
4.5.3.3	Variações do coeficiente de sombreamento dos vidros	101
4.5.3.4	Variações do PjF.....	103
4.5.3.5	Variações da transmitância térmica.....	105
4.5.3.6	Variações da absorvância	110
4.5.3.7	Variações da orientação.....	115
4.5.3.8	Variações da atividade profissional.....	117
4.5.3.9	Variações da eficiência de aparelhos de ar condicionado..	121
4.6	Considerações finais	123
5	Conclusões	125
5.1	Conclusões gerais	125
5.2	Limitações do trabalho	129
5.3	Sugestões para trabalhos futuros	130
	Referências bibliográficas	131
	Apêndices	
Apêndice 1	Caracterização da tipologia	136
Apêndice 2	Monitoramento dos equipamentos	139
Apêndice 3	Levantamento de atividades profissionais	142
Apêndice 4	Levantamento geral de 35 edifícios de escritório	143
Apêndice 5	Características dos materiais	179
Apêndice 6	Relatório de saída EnergyPlus	183

*L*ista de figuras

1 Introdução

1.1	Consumo de eletricidade por setor no Brasil	03
1.2	Participação percentual setorial no consumo de energia do país no ano de 2004	03
1.3	Mapa do Brasil com a localização da cidade de Florianópolis-SC	05
1.4	Evolução do consumo de energia em Florianópolis entre 1996 e 2004.....	05
1.5	Participação percentual setorial no consumo de energia em Florianópolis entre 1996 e 2004	06
1.6	Usos finais de energia nos setores público e comercial do país	06
1.7	Zoneamento bioclimático para o Brasil	09

2 Revisão bibliográfica

2.1	Conceito clássico de Vitruvius e o atualizado conceito relacionado à economia de energia	13
2.2	Exemplo de um escritório de um edifício comercial energeticamente eficiente	13
2.3	Classificação dos dados de entrada para o programa de simulação	20
2.4	Consumo de energia elétrica por usos finais em Hong Kong	22
2.5	Estrutura genérica do programa EnergyPlus	24
2.6	Protótipos de edificações utilizados em Hong Kong	29

3 Metodologia

3.1	Diagrama das características retiradas no levantamento	39
3.2	Limite de abrangência para cada orientação solar	40
3.3	Aparelho de medição de refletância	42
3.4	Medição em papel branco	42
3.5	Lista de características registradas no levantamento da ocupação e do uso de equipamentos	45
3.6	Medidor de consumo portátil – MCP5000	46
3.7	Indicadores obtidos dos levantamentos dos detalhes construtivos	49

3.8	Processo do <i>teste por orientação</i>	51
3.9	Dimensões do Caso 600	53
3.10	Afastamento adotado pelo Código de Obras de Florianópolis	57
3.11	Casos simulados para a análise do entorno	57
3.12	Ângulos α e β considerados para o mascaramento	58
3.13	Casos simulados para a análise da orientação	60

4 Resultados

4.1	Indicação da distribuição dos edifícios de escritório particulares no centro de Florianópolis	63
4.2	Ocorrência de pavimentos e pavimentos tipo em edifícios de escritório	64
4.3	Frequência de ocorrência das formas dos edifícios de escritório	64
4.4	Frequência de ocorrência da proporção dos edifícios retangulares	65
4.5	Frequência de ocorrência de escritórios por pavimento tipo	65
4.6	Frequência de ocorrência da área dos pavimentos tipo	66
4.7	Declinação magnética para Florianópolis.....	67
4.8	Frequência de ocorrência da orientação da fachada principal	68
4.9	Percentual de área de janela por fachada	68
4.10	Percentual de área de janela por fachada principal	69
4.11	Percentual de área de janela por fachada secundária.....	70
4.12	Centro empresarial Barão do Rio Branco.....	70
4.13	Centro executivo Maxim's.....	70
4.14	Centro comercial Saint James.....	71
4.15	Centro Pedro Xavier.....	71
4.16	Edifício Emedaux.....	72
4.17	Centro executivo Via Veneto	72
4.18	Frequência de ocorrência de cores de 32 edifícios de escritório	72
4.19	Refletância de 42 cores	73
4.20	Absortância e refletância média das cores externas	74
4.21	Edifício Mirage Tower	75
4.22	Edifício Planel Towers	75
4.23	Tipos de vidros com maior incidência	76
4.24	Tipos de vidros encontrados nos edifícios de escritório	76
4.25	Análise de frequência das fachadas dos edifícios	81
4.26	Análise da orientação e dos PJJF do <i>método por orientação</i>	83
4.27	Modelo da tipologia predominante	85

4.28	Características do modelo da tipologia predominante	85
4.29	Padrão de ocupação médio	86
4.30	Padrão de uso médio dos equipamentos	86
4.31	Variação da temperatura interna e externa no dia de temperatura interna máxima (17/10)	89
4.32	Variação da temperatura interna e externa no dia de temperatura interna mínima (04/01)	90
4.33	Carga térmica e temperatura do pav. cobertura no dia de pico de resfriamento (07/01)	91
4.34	Consumo de energia da tipologia predominante	92
4.35	Usos finais de energia obtidos da simulação	92
4.36	Consumo de energia das variações de teste de PJF	93
4.37	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função das alternativas de PJFs para o caso base	94
4.38	Consumo de energia das variações do fator de projeção	95
4.39	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função do fator de projeção	96
4.40	Correlação do consumo anual de energia com o brise horizontal	97
4.41	Consumo de energia das variações de entorno	97
4.42	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função do entorno	98
4.43	Mascaramento obtido da obstrução das fachadas	99
4.44	Correlação do consumo de energia com o número de horas de sol	100
4.45	Consumo de energia das variações do coeficiente de sombreamento dos vidros	101
4.46	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função do coeficiente de sombreamento dos vidros	102
4.47	Correlação do consumo anual de energia com o fator solar dos vidros	102
4.48	Consumo de energia das variações dos PJFs	103
4.49	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função dos PJFs	104
4.50	Correlação do consumo anual de energia com o PJF	105
4.51	Consumo de energia das variações da transmitância térmica das paredes.	105
4.52	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da transmitância térmica das paredes	106
4.53	Correlação do consumo anual de energia com a transmitância térmica das paredes	106
4.54	Consumo de energia das variações da transmitância térmica da cobertura.	107
4.55	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da transmitância térmica da cobertura	108

4.56	Correlação do consumo anual de energia com a transmitância térmica da cobertura	109
4.57	Correlação da carga de resfriamento do pavimento de cobertura com a transmitância térmica da cobertura	110
4.58	Consumo de energia das variações da absorvância das paredes	111
4.59	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da absorvância das paredes	111
4.60	Correlação do consumo anual de energia com a absorvância das paredes..	112
4.61	Consumo de energia das variações da absorvância da cobertura.....	113
4.62	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da absorvância da cobertura	113
4.63	Correlação do consumo anual de energia com a absorvância da cobertura.	114
4.64	Correlação da carga de resfriamento do pavimento de cobertura com a absorvância da cobertura	115
4.65	Casos simulados para a análise da orientação	115
4.66	Consumo de energia das variações das orientações	116
4.67	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da orientação	116
4.68	Correlação do consumo anual de energia com a orientação solar	117
7.69	Padrão de ocupação das atividades profissionais	118
4.70	Padrão de uso de iluminação	119
4.71	Padrão de uso de computador	119
4.72	Padrão de uso de cafeteira	120
4.73	Consumo de energia das variações das atividades	120
4.74	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da atividade	120
4.75	Consumo de energia das variações de eficiência do aparelho de ar condicionado	122
4.76	Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da eficiência do aparelho de ar condicionado	122
4.77	Correlação do consumo anual de energia com a eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado	123
4.78	Procedimento metodológico adotado	124

*L*ista de tabelas

3 Metodologia

3.1	Equipamentos e período de monitoramento	46
3.2	Dimensões do Caso 600	54
3.3	Características dos casos relacionados ao fator de projeção	56

4 Resultados

4.1	Quantidade e variação do ano de ocupação dos edifícios de escritório	63
4.2	Áreas dos pavimentos tipo e dos escritórios	66
4.3	Maiores variações de refletâncias das cores dos edifícios de escritório	73
4.4	Atividades profissionais	77
4.5	Escritórios visitados para o levantamento de padrão de ocupação	78
4.6	Monitoramento de equipamentos - escritório 1	80
4.7	Monitoramento de equipamentos - escritório 2	80
4.8	Orientação e média das fachadas principais	82
4.9	Orientação e média das fachadas laterais	82
4.10	Descrição da tipologia predominante	85
4.11	Descrição das propriedades dos materiais	87
4.12	Comparação entre resultados obtidos na simulação do Caso 600	88
4.13	Temperatura anual horária do Caso 600	89
4.14	Pico de carga de resfriamento da tipologia predominante	91
4.15	Consumo anual de energia com relação aos testes de PJFs	94
4.16	Consumo anual de energia com relação ao fator de projeção	96
4.17	Consumo anual de energia com relação ao entorno	98
4.18	Número de horas de sol que incide no edifício	100
4.19	Consumo anual de energia com relação ao fator solar	102
4.20	Consumo anual de energia com relação ao PJF	104
4.21	Consumo anual de energia com relação à transmitância térmica das paredes	106
4.22	Consumo anual de energia com relação à transmitância térmica da cobertura	108

4.23	Carga de resfriamento do edifício e do pavimento de cobertura com relação à transmitância térmica	110
4.24	Consumo anual de energia com relação à absorvância média das paredes	112
4.25	Consumo anual de energia com relação à absorvância média da cobertura	114
4.26	Carga de resfriamento do edifício e do pavimento de cobertura com relação à absorvância	115
4.27	Consumo anual de energia com relação à orientação	117
4.28	Consumo anual de energia com relação à atividade profissional	121
4.29	Consumo anual de energia com relação à eficiência do aparelho de ar condicionado	123
4.30	Variações do consumo de energia e carga de resfriamento com relação aos parâmetros construtivos	124

*R*esumo

Diante da importância da escolha de materiais, e da adequação da edificação ao clima em busca de edificações mais eficientes energeticamente, este trabalho avalia a situação de edifícios de escritório localizados no município de Florianópolis – SC e também, a influência de parâmetros construtivos no consumo de energia através de simulações computacionais utilizando o programa EnergyPlus. Para tal análise, foi necessário desenvolver uma metodologia de levantamento de dados de edificações para verificar as características mais comuns em edifícios de escritório. Foram analisados 35 edifícios com relação à caracterização construtiva. Os resultados do levantamento indicaram a frequência de ocorrência de números de pavimentos, forma da edificação, percentual de área de janela na fachada, tipos de vidros, cores externas, orientação das fachadas, existência de elementos de proteção solar. Também, foram analisados 41 escritórios correspondentes às atividades profissionais mais representativas da amostra com relação ao padrão de ocupação e ao uso de equipamentos. Para obtenção da densidade de carga interna, foram monitorados equipamentos de 2 escritórios. Com base nos dados levantados das 35 edificações, um modelo representativo da realidade construtiva foi elaborado, e neste trabalho foi denominado tipologia predominante. A tipologia predominante foi utilizada como caso base das simulações termo-energéticas. Dessa forma, foram realizadas alterações dos parâmetros construtivos a fim de avaliar a resposta no consumo de energia e os resultados foram comparados ao do caso base. As variações da tipologia predominante consistiram na análise do fator de projeção, do entorno, do coeficiente de sombreamento dos vidros, do percentual de área de janela na fachada, da transmitância térmica dos materiais, da absorvância dos materiais, da orientação da edificação, dos padrões de ocupação e uso dos equipamentos e por fim, da eficiência dos aparelhos de ar condicionado. Simulou-se o caso base e as suas variações e apresentaram-se os resultados, a partir dos quais foram realizadas análises do consumo de energia em função dessas variações. A análise dos resultados pode ser dividida em três grupos: envelope, padrão de ocupação e uso de equipamentos, e sistema de ar condicionado. Com relação ao envelope, a cada variação de 10% do percentual de área de janela na fachada, o consumo de energia aumentou em 2,8%. Para a absorvância das paredes externas, cada variação de 10% implicou no aumento de 1,9% do consumo de energia. No entanto, ao se analisar a carga de resfriamento relacionada à transmitância térmica e à absorvância do pavimento de cobertura, observaram-se variações significativas. Ao se aumentar a transmitância térmica da cobertura em 10%, implicou-se no aumento da carga de resfriamento em 8%; para a absorvância da cobertura, a cada acréscimo de 10%, a carga de resfriamento aumentou em 14%. Com relação ao padrão de ocupação e uso de equipamentos, conforme são adotados, pode atingir uma variação máxima no consumo de energia de 5,9%, comparada ao caso base. Para o sistema de ar condicionado, a cada aumento de 0,1W/W, o consumo de energia decresce em 1,6%. A simulação dos casos permitiu identificar a influência de parâmetros construtivos no consumo de energia, auxiliando nas decisões de medidas mais adequadas ao clima de estudo a fim de garantir melhores níveis de eficiência energética.

bstract

It is well-known that the climate where the building is located, and the materials and components that the building is composed of, affect its energy efficiency. This work aims to analyse office buildings located in the city of Florianópolis – SC, and evaluate the influence of constructive parameters on energy consumption by using the computer programme EnergyPlus. Thus, it was necessary to develop a methodology for surveying building parameters to verify the characteristics most used in office buildings. Thirty five buildings were surveyed. The results of the survey indicated the frequency of occurrence of number of storeys, building shape, window to wall ratio (WWR), type of glasses, external colours, orientation of the façades, existence of external solar protection devices. Also, forty one offices corresponding to the most representative professional activities related to occupation and equipment schedules were analysed. Equipments of two offices were monitored to obtain the internal load density. Based on the data collected on the thirty five samples, a representative model was developed and, in this work, it is called the main typology. The main typology was used as the base-case for the computer simulations. Therefore, alterations on the construction parameters were carried out in order to evaluate the influence on the energy consumption. The results were compared to the base-case. The parameters considered were the projection factor, the building surroundings, the shading coefficient of glasses, the WWR, the thermal transmittance (U-value) of components, the absorptance of surfaces, the building solar orientation, the occupation and equipment schedules and, finally, the HVAC efficiency. The base-case and other alternatives were simulated and the energy consumption results were analysed according to the variations considered. This analysis can be divided in three groups: envelope, occupation and equipment schedules and HVAC efficiency. For the envelope, by increasing the WWR by an increment of 10%, the energy consumption increased 2.8%. As for the external walls absorptance, an increment of 10% implied on an increase of 1.9% on the energy consumption. However, after analysing the cooling load related to the thermal transmittance and the absorptance of the top floor, significant variations were observed. By increasing the thermal transmittance in 10%, an increase of 8% on the cooling load was observed. And, by increasing the absorptance of the roof in 10%, an increase of 14% on the cooling load was observed. Regarding to occupation and equipment schedules adopted in this study, they reached a maximum variation of 5.9% on the energy consumption when compared to the base-case. For the HVAC efficiency, by increasing it in 0.1W/W, implied on a decrease of 1.6% on the energy consumption. The simulations helped to identify the influence of construction parameters on the energy consumption of the buildings. They may also help the decision-making for appropriate measures according to the climate to guarantee better levels of energy efficiency.

1.1 Colocação do problema

Depois de um longo período de uso intensivo e sem limites da energia observado a partir da Revolução Industrial, desencadeou-se crises de energia sentidas globalmente (CRUZ et al., 2004). Neste sentido, construir considerando as variáveis climáticas aliadas às técnicas renováveis e energeticamente compatíveis, é uma necessidade quando analisado o panorama mundial e local da evolução do consumo em relação à disponibilidade de energia.

A realidade energética e ambiental demonstra a necessidade de, tanto a produção quanto a utilização dos edifícios, serem adaptadas às novas situações derivadas das restrições energéticas e ambientais (SANTANA, 2003).

O desenvolvimento das sociedades industrializadas esteve sempre vinculado à disponibilidade de recursos energéticos. A busca destes recursos e sua exploração ao longo do século XX interferiram marcadamente na estrutura das sociedades envolvidas (LAMBERTS et al., 1997). Estilos de vida, relações de produção, uso do tempo e as modificações ambientais foram impactadas pelo desenvolvimento do mercado de consumo energético.

O desenvolvimento técnico e científico que permitiu a substituição de fontes energéticas, a rápida penetração da eletricidade e por consequência a criação de mercado de novos equipamentos incorporaram novos hábitos de consumo na sociedade (NEVES; CARAM, 2003).

É essencial incorporar a idéia de limite dos recursos naturais básicos, como a água, o solo e o ar, buscar alternativas para reduzir a sua degradação e desperdício e, finalmente, construir, viabilizar e respeitar os canais institucionais para o engajamento na prática da população.

Frente à conjuntura global, o arquiteto, como especificador e projetista do espaço construído, tem obrigação ética e profissional de considerar os aspectos energéticos, projetando edifícios a favor do meio ambiente e dele tirando o melhor proveito, sem agredi-lo. É preciso avaliar o edifício como um todo, ser funcional e "vivo", e analisar o potencial de adequação das edificações ao clima e às exigências de conforto dos usuários (AMARAL, 1995).

Com relação à eficiência energética, a edificação deve representar a capacidade de transformar a menor quantidade de energia possível para gerar a máxima quantidade de trabalho possível (GHISI, 1997). O uso eficiente da energia

elétrica não significa somente redução nas despesas, mas também na melhoria na qualidade do ambiente de trabalho e da produção, além da redução nos impactos ambientais.

Segundo Lamberts et al. (1997), um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com um menor custo de energia. Nos edifícios, a energia é usada na forma de eletricidade para operar equipamentos destinados à segurança, eficiência e conforto de seus usuários. Tais equipamentos incluem sistemas de refrigeração, iluminação, transporte vertical, operação dos escritórios e outros dispositivos.

Observa-se que a tendência para edifícios energeticamente eficientes não é algo passageiro como a crise de energia dos anos setenta. Para a maioria dos administradores e projetistas, a eficiência energética nos edifícios emergiu como um permanente fator de desempenho a ser considerado nas equações ambientais e financeiras (SIGNOR, 1999).

Assim como em outros países em desenvolvimento, o consumo de energia elétrica tem crescido substancialmente no Brasil. Nas últimas três décadas, aumentou 7,5% ao ano, ao passo que a população brasileira cresceu 2% ao ano e a economia, assim como o consumo final de energia, cresceu 4% ao ano. Desse modo, a participação da eletricidade no consumo final de energia passou de 16%, em 1970, para 39,5%, em 1999 (BEN, 2000).

Um resumo dos últimos cinco anos mostra uma economia crescendo a 1,6% ao ano e a oferta interna de energia (OIE) a 1,8% ao ano, tendo como principal característica a redução significativa do consumo de energia causada, além de crises externas, pela desvalorização da moeda, também pela crise de abastecimento de eletricidade que se estabeleceu no país. O consumo de energia elétrica relativo ao ano de 2003 decresceu em 6,6% tendo, no setor residencial, uma significativa retração do consumo de 11,8% (BEN, 2004).

A Fig. 1.1 apresenta a evolução do consumo de energia elétrica do país no período entre 1970 e 2004. Como se pode observar na Fig. 1.2, a estrutura do consumo atual de eletricidade entre os segmentos de consumidores mostra uma forte concentração do seu uso no setor industrial, representando 47%, seguido do uso residencial, com 22% e em terceiro lugar, o setor comercial com 14% do total consumido.

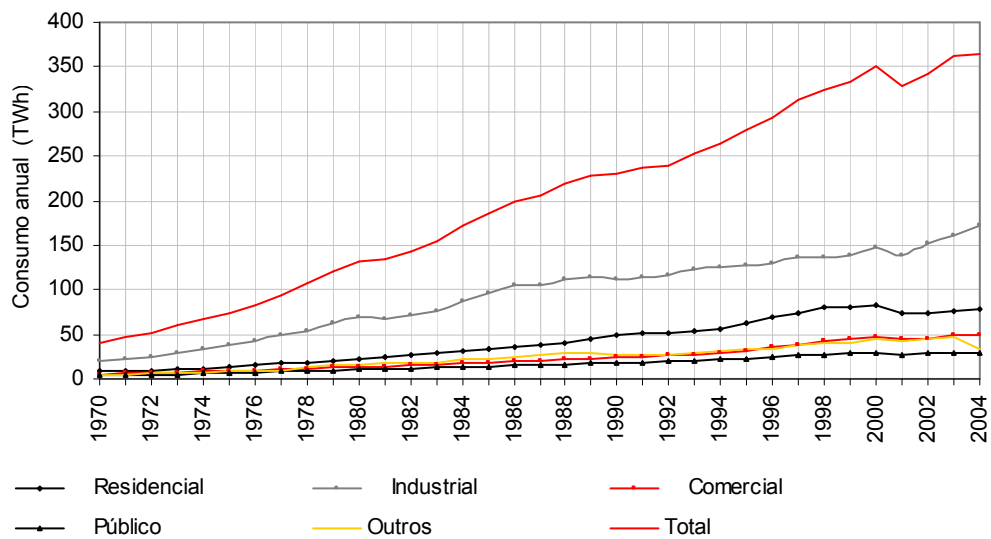


Fig.1.1: Consumo de eletricidade por setor no Brasil. Fonte: BEN, 2005.

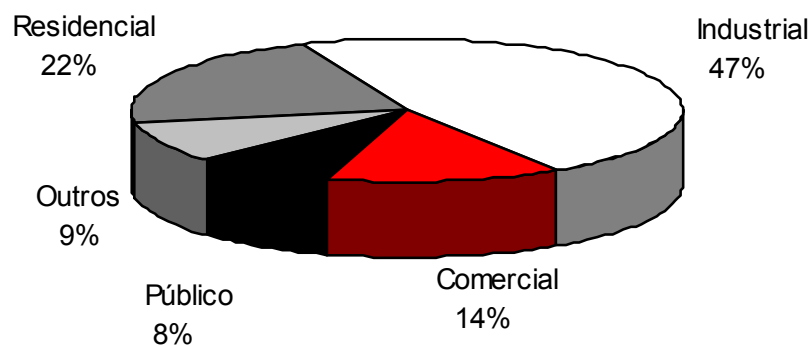


Fig.1.2: Participação percentual setorial no consumo de energia do país no ano de 2004. Fonte: BEN, 2005.

No contexto do presente trabalho, o ponto de interesse é o setor comercial, pois é nesse setor que está inserido o foco dessa pesquisa: os edifícios de escritório.

Nessas edificações, grande parte do consumo é atribuído às variáveis arquitetônicas e construtivas já que grande percentagem do seu consumo é devido ao ar condicionado e iluminação, razão pela qual pode-se demonstrar a responsabilidade dos profissionais no consumo final de energia elétrica (GELLER, 1994). Estima-se que edifícios com projetos adequados possam reduzir o consumo de energia elétrica em até 30%, quando comparados com outros que ofereçam níveis de conforto e utilização similares (SIGNOR, 1999).

Esta arquitetura de edifícios de escritório, tão tecnológica, dita "inteligente" e racionalizada tem, entretanto, muito pouco de sustentável e econômica. As

vedações das aberturas, pela sua grande área de recobrimento nas edificações, têm um peso muito grande, mas que se preocupa apenas com o desempenho de estanqueidade, durabilidade, estética e, quando muito, o isolamento termo-acústico (AMARAL, 1995). Em poucas situações se constata uma preocupação com o consumo energético que estes edifícios representam.

Em um estudo realizado com edifícios de escritórios em Salvador, foi apresentada uma relação entre a área de janela e o consumo de energia; concluiu-se que edifícios com área de janela superior a 40% apresentavam um consumo de energia aproximadamente 50% maior que edifícios com áreas de janela inferiores a 20% (MASCARENHAS et al., 1995). Portanto, os parâmetros construtivos têm relação direta com a eficiência energética de uma edificação e devem ser preocupação em fase de projeto arquitetônico.

Fatores externos, tais como o clima da região, são requisitos básicos para o projeto de sistemas de ar condicionado, para cálculos simplificados do consumo de energia e para simulações mais detalhadas do comportamento térmico e do consumo de energia em edificações (GOULART et al., 1998).

Para simulações termo-energéticas, não apenas os fatores externos são requisitos, mas também variáveis que influem no consumo de energia como dados construtivos, padrão de ocupação e padrão de uso de equipamentos. A escolha da aplicação desses dados de entrada no programa simulador resulta nos dados de saída para o estudo de consumo de energia do edifício, assim possibilitando uma análise profunda e sistemática de variados fatores envolvidos.

Os edifícios de escritórios do estudo estão localizados no centro da cidade de Florianópolis. Esse município constitui-se de parte continental e parte insular e possui 451km² de área. Florianópolis está localizada no estado de Santa Catarina, a 27°40' de latitude sul, 48°33' de longitude oeste e 7m de altitude (Fig.1.3). Caracteriza-se por apresentar um setor industrial pouco expressivo. Portanto, os setores residencial, comercial e público são os principais responsáveis pelo consumo de energia elétrica do município.

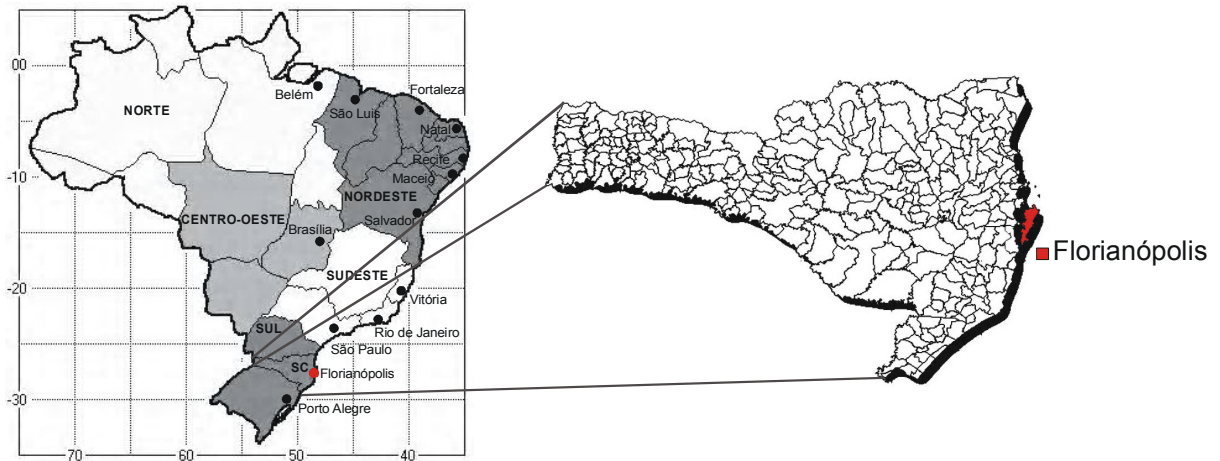


Fig.1.3: Mapa do Brasil com a localização da cidade de Florianópolis – SC.

Em Florianópolis, o aumento global de energia elétrica entre 1996 e 2004 foi de aproximadamente de 605 GWh, em 1996, para 854 GWh em 2004. O município apresentou nesse período uma taxa média de crescimento de 4,5% ao ano. A Fig. 1.4 apresenta a variação do consumo anual por setor entre 1996 e 2004 para Florianópolis (CELESC, 2005).

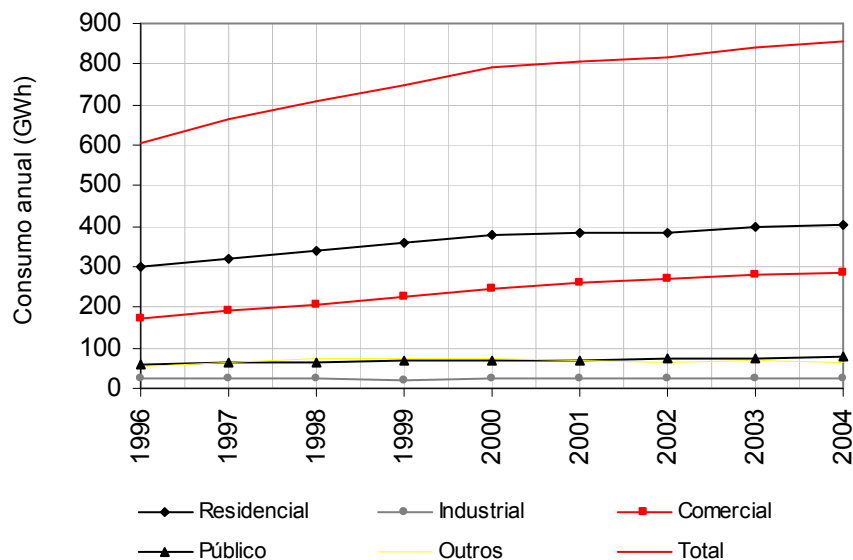


Fig.1.4: Evolução do consumo de energia em Florianópolis entre 1996 e 2004. Fonte: CELESC, 2005.

Para o caso específico do setor comercial, onde se inserem os edifícios de escritório, a participação percentual no município é de 31%, segundo maior consumo setorial, como apresenta a Fig. 1.5, diferentemente do país, onde esse setor representa 14% do consumo de energia (ver Fig.1.2).

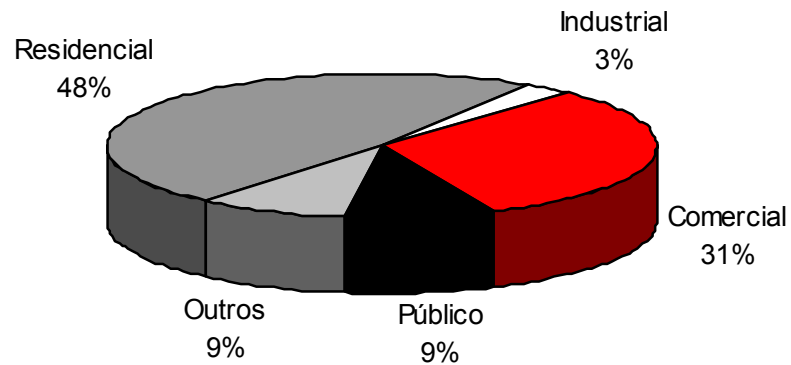


Fig.1.5: Participação percentual setorial no consumo de energia em Florianópolis entre 1996 e 2004. Fonte: CELESC, 2005.

Nos edifícios de escritório, os fatores que estão associados ao consumo de energia elétrica são: iluminação, condicionamento de ar e equipamentos como microcomputadores, impressoras, cafeteiras, refrigeradores etc. No Brasil, mais especificamente nos setores público e comercial, percebe-se a importância que os sistemas de iluminação e de ar condicionado têm no consumo total, somando 64% de participação na energia elétrica consumida, como apresenta a Fig.1.6.

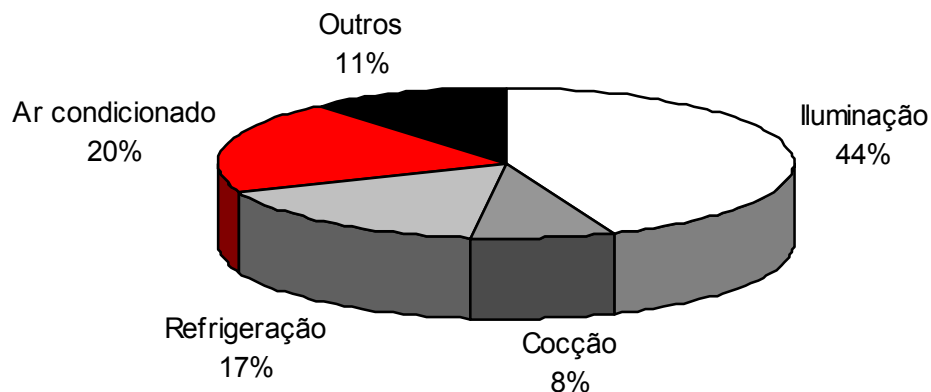


Fig.1.6: Usos finais de energia nos setores público e comercial do país. Fonte: GELLER, 1994.

Foi realizado um estudo em Florianópolis em que constavam dados de uso final de energia elétrica em edifícios de escritórios. Foram considerados 12 edifícios públicos que apresentaram dados de consumo diferentes quando comparados ao estudo global de Geller (1994). Nesse estudo, o ar condicionado apresentou 42% do consumo total de energia e a iluminação, 35% (TOLEDO, 1995). É válido, mais uma vez, salientar que esses dois parâmetros estão intimamente relacionados ao projeto arquitetônico e, conseqüentemente, ao desempenho energético de edificações.

Embora vários estudos tenham sido realizados com o objetivo de avaliar os parâmetros que estão relacionados ao consumo de energia, falta um diagnóstico mais aprofundado da realidade construtiva e da utilização de edificações com relação à eficiência energética. Muitas vezes, a falta de conhecimento e de consciência dos profissionais responsáveis promove escolhas inadequadas que não contribuem para redução do consumo de energia. Desta forma, este trabalho pretende servir como uma contribuição no estudo da influência das alterações dos parâmetros construtivos a partir da caracterização de edifícios de escritório sob a ótica do consumo de energia elétrica.

1.2 Objetivo

1.2.1 Objetivo geral

Este trabalho tem como objetivo principal diagnosticar a situação de edifícios de escritório localizados no município de Florianópolis – SC, e avaliar a influência de parâmetros construtivos, como forma de racionalizar o consumo de energia e de incrementar a eficiência energética desse tipo de edificação.

1.2.2 Objetivos específicos

Para analisar e estabelecer parâmetros construtivos de edifícios de escritório com relação à eficiência energética percebe-se a necessidade de alguns objetivos específicos:

- Analisar a amostra de tipologias construtivas de edifícios de escritório localizados em Florianópolis;
- Analisar o padrão de ocupação e de uso de equipamentos em edifícios de escritórios em Florianópolis;
- Definir a tipologia predominante a partir de levantamentos de dados para servir como caso base das simulações computacionais;

- Avaliar a influência de parâmetros construtivos no consumo de energia elétrica de edifícios de escritório através de simulação computacional.

1.3 Estrutura da dissertação

A dissertação de mestrado encontra-se organizada em cinco capítulos: Introdução, Revisão Bibliográfica, Metodologia, Resultados e Conclusão. Na Introdução, fez-se a apresentação do tema a ser desenvolvido, abordando a importância do assunto e os objetivos a serem alcançados.

Na Revisão Bibliográfica, faz-se um estudo abordando o tema proposto na dissertação. Esse capítulo inicia-se com uma apresentação do conceito de eficiência energética; logo após são apresentados estudos envolvendo simulações paramétricas usando programa de simulação termo-energética para a verificação de parâmetros construtivos relacionados à energia; de forma sucinta apresenta uma descrição do programa simulador termo-energético EnergyPlus; também do arquivo climático do tipo TRY usado por este programa. São apresentados métodos que utilizam indicadores de eficiência energética para a definição de uma tipologia representativa para ser utilizada em simulações. Por fim, há uma abordagem das normas mais importantes que tratam de eficiência energética.

No terceiro capítulo apresenta-se o procedimento metodológico aplicado ao estudo de forma a se obter os objetivos estabelecidos no primeiro capítulo. O capítulo inicia-se com o método utilizado para o levantamento da amostra de edifícios de escritório da cidade de Florianópolis. Logo, é apresentado o modo de levantamento das características construtivas, do padrão de ocupação e uso de equipamentos para a definição de uma tipologia predominante. Por fim, é apresentada a metodologia para as simulações computacionais obtidas do programa EnergyPlus.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos para o estudo através da metodologia proposta. São mostradas as frequências das características que envolvem uma edificação para a determinação de uma tipologia predominante. Além disso, são apresentados os resultados da influência das alterações dessas características no consumo de energia.

O quinto capítulo se refere às conclusões que são extraídas das análises realizadas a partir dos resultados obtidos descritos no quarto capítulo desta dissertação, juntamente com suas limitações e propostas para trabalhos futuros.

Em seguida, são apresentados referências bibliográficas e apêndices, como planilhas utilizadas no levantamento de dados que embasam esta dissertação de mestrado.

1.4 Contexto da dissertação

Essa dissertação está contextualizada com o projeto de pesquisa *Impactos da Adequação Climática sobre a Eficiência Energética e o Conforto Térmico de Edifícios de Escritório no Brasil*, financiado pelo CT-Energ/CNPq. Neste projeto estão participando oito instituições federais de ensino superior, localizadas em cada uma das zonas bioclimáticas do território brasileiro (ABNT, 2005c). A Fig. 1.7 apresenta o zoneamento bioclimático para o Brasil, com ênfase para a cidade de Florianópolis situada da zona bioclimática 3, correspondente a 6,5% do território brasileiro. O objetivo principal desse projeto é diagnosticar a situação atual de edifícios de escritório e estabelecer parâmetros de projeto para esse tipo de edificação em cada zona bioclimática, como forma de racionalizar o consumo de energia e de incrementar a eficiência energética.

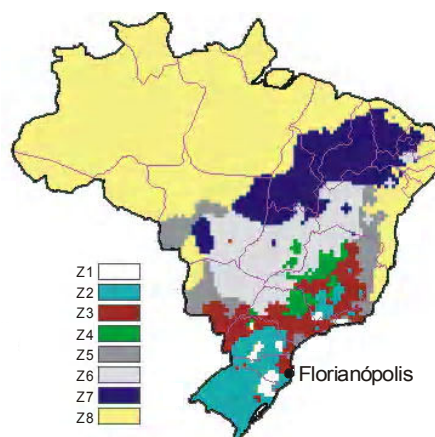


Fig.1.7: Zoneamento bioclimático para o Brasil. Fonte: ABNT, 2005c.

A metodologia desta pesquisa está dividida em três etapas: a primeira é o levantamento das tipologias construtivas de edifícios de escritório privados existentes nas oito cidades selecionadas (Zona 1: Curitiba – PR; Zona 2: Santa Maria – RS; Zona 3: Florianópolis – SC; Zona 4: São Carlos – SP; Zona 5: Niterói – RJ; Zona 6: Campo Grande – MS; Zona 7: Mossoró – RN; Zona 8: Maceió – AL). A segunda etapa é o monitoramento da temperatura e umidade relativa do ar, e juntamente o monitoramento do consumo de energia de equipamentos existentes em alguns escritórios e as atividades neles realizadas. Por fim, como conteúdo da dissertação de mestrado, a terceira etapa é a de simulações computacionais.

2.1 Introdução

Apresenta-se a seguir uma revisão bibliográfica relacionada ao tema abordado nesse presente trabalho, de forma resumida, e com ênfase nos trabalhos semelhantes ao assunto dessa dissertação.

A simulação energética em edifícios de escritório é destacada como sendo uma maneira de se alcançar uma edificação mais eficiente em termos de consumo de energia. Considerando a inviabilidade de execução dos cálculos manuais para esse tipo de procedimento, é apresentado o programa EnergyPlus como ferramenta que executa simulações de desempenho energético do edifício. São abordados dois parâmetros importantes para a simulação computacional, utilização de arquivo de dados climáticos, em formato TRY (*Test Reference Year*), e de um modelo simplificado que represente a realidade construtiva do que será analisado. São apresentados alguns trabalhos que utilizaram simulações computacionais com a finalidade de avaliar os parâmetros construtivos relacionados à energia e também verificar a viabilidade econômica de se adotar medidas de conservação de energia.

Apresenta-se também, alguns critérios de avaliação do desempenho térmico e energético da envolvente de edifícios, como a *Standard 90.1*, relatando os pontos mais significativos de versões anteriores até a versão atual dessa norma internacional e também da iniciativa de norma no Brasil.

2.2 Eficiência energética em edificações

Segundo Lamberts et al. (1997), *a eficiência energética pode ser entendida como a obtenção de um serviço com baixo dispêndio de energia. Portanto, um edifício é mais eficiente energeticamente que outro quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor consumo de energia.*

As características técnicas da construção, o microclima, a temperatura externa, a radiação solar, o vento, as trocas térmicas das paredes e cobertura, os ganhos de calor no interior da edificação através da transmissão desse calor vinda do corpo dos usuários, iluminação e equipamentos eletrônicos, são variáveis que influenciam no

balanço energético de uma edificação (EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR ENERGY, 1995).

Entretanto, para um edifício ser considerado eficiente, além de utilizar recursos tecnológicos, como equipamentos de baixo consumo de energia, deve estar no seu projeto a avaliação dos parâmetros construtivos em relação ao comportamento energético. Para que isso seja possível, os arquitetos e engenheiros devem preocupar-se logo na fase de projeto com soluções construtivas dos edifícios que sejam adequadas ao clima da região (DOE, 2004).

No estudo realizado por PEREIRA et al. (2005) são apresentadas as barreiras que os profissionais, os professores e os alunos de arquitetura têm para integrar o projeto em suas diversas fases com um dos parâmetros de eficiência energética, no caso estudado, o aproveitamento da luz natural. A partir da análise dos resultados, os autores concluem que adequar os projetos à eficiência energética não é considerado com uma meta a ser atingida pelos entrevistados. Pôde-se observar que há uma deficiência na apropriação das ferramentas de apoio ao projeto e, principalmente, a desvalorização e o desconhecimento dos parâmetros de eficiência energética como condicionantes de projeto.

As variáveis construtivas influenciam muito no comportamento energético das edificações. Quando essas variáveis são pensadas conjuntamente, o edifício tem uma boa resposta com relação ao consumo de energia elétrica e ao conforto térmico (DOE, 2004).

Tzikopoulos e Karatza (2005), afirmam que uma edificação bioclimática, além de aproveitar a luz natural e manter o conforto no interior dos ambientes, pode consumir energia até 10 vezes menos para aquecimento quando comparado a outro edifício convencional europeu. O custo para a estrutura desse edifício bioclimático aumenta somente de 3 a 5%, o qual é absorvido em poucos anos (TZIKOPOULOS e KARATZA, 2005).

Em Lamberts et al. (1997), quando se trata do estudo ideal para a arquitetura contemporânea, a eficiência energética é um ponto acrescentado no conceito clássico de arquitetura por Vitruvius. No conceito clássico, a função, a beleza e a solidez de um projeto são os pontos ideais para uma boa arquitetura. Acrescentando o conceito de eficiência energética a esses três pontos, a arquitetura torna-se mais adequada à questão da situação energética do mundo. A Fig. 2.1 apresenta o

esquema do conceito clássico de Vitruvius, atualizado ao esquema de combate ao desperdício de energia.

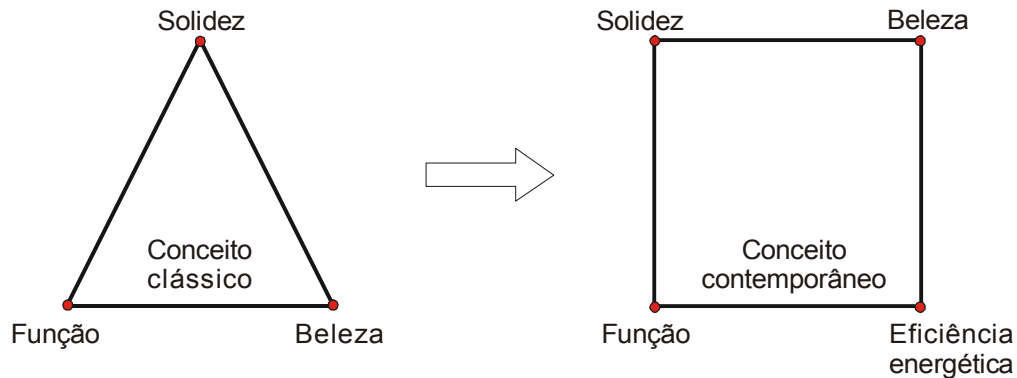


Fig. 2.1: Conceito clássico de Vitruvius e o atualizado conceito relacionado à economia de energia.
Fonte: Lamberts et al. (1997)

O conceito de eficiência energética é tão importante quanto outros considerados na arquitetura, como conceitos formais, estéticos, funcionais estruturais, econômicos, etc. As medidas de eficiência energética são premissas básicas para um projeto e não empecilhos à elaboração deste, pois essas são condicionantes que vêm dar mais sentido e mais qualidade para a arquitetura (LAMBERTS et al., 1997). A Fig. 2.2 apresenta um exemplo de uma sala de edifício comercial em cuja concepção existe uma preocupação com a eficiência energética.

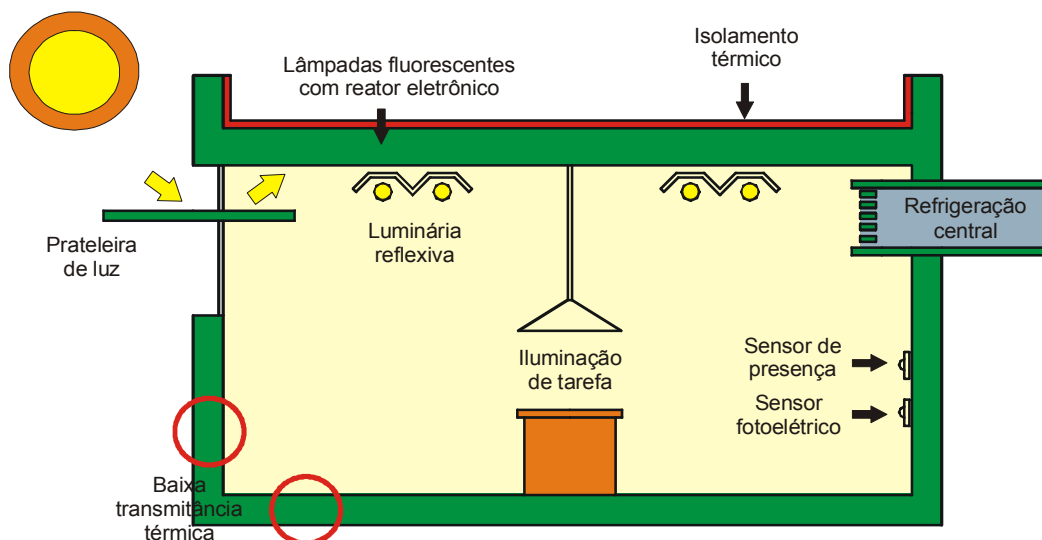


Fig. 2.2: Exemplo de um escritório de um edifício comercial energeticamente eficiente.
Fonte: Lamberts et al., 1997.

Meier et al. (2002) destacam que não é possível afirmar o que vem a ser um edifício energeticamente eficiente, porém apresentam estratégias para criar regulamentos eficientes que influenciam na conservação da energia elétrica. Analisar um edifício pode ser complicado, pois envolve muitas variáveis. Não se deve avaliar somente um indicador de eficiência, pois não há um que seja o correto, o importante é reconhecer o resultado que cada parâmetro apresenta no consumo final de energia. Porém, não deixa de ser importante, pois este simplifica e quantifica fenômenos complexos de forma a torná-los mais “comunicáveis”, colaborando para o alcance de melhores resultados.

Os indicadores têm suas limitações devido à simplificação dos dados; esses não explicam as causas e sim, dão tendências. Quando ocorre falta de informações, se tornam menos confiáveis e representativos. O indicador foca na quantidade de informação e não na qualidade desta; exemplo disso é quantidade de energia. Por fim, a coleta de dados para o desenvolvimento de indicadores é feita em um longo prazo, tornando o processo muitas vezes inviável (MEIER et al., 1999).

Mesmo com todas as dificuldades apresentadas em se avaliar energeticamente um edifício, no estudo de Meier et al. (2002) são colocadas algumas características que identificam um edifício eficiente. São definidos critérios básicos como: os edifícios devem dispor de equipamentos eficientes e materiais construtivos adequados às condições climáticas do local; devem promover apenas atividades e usos para os quais foram projetados; e, devem ser administrados de maneira a consumir menos energia quando comparados a outros edifícios similares.

No tópico seguinte, a análise da eficiência energética em edificações é apresentada em estudos realizados por pesquisadores que visam demonstrar os parâmetros que influenciam diretamente no consumo de energia.

2.3 Análise da eficiência energética em edificações

Gómez e Lamberts (1995) realizaram simulações com diversas alternativas de projeto para um edifício comercial em Florianópolis, usando o programa de simulação termo-energética DOE 2.1E. Dentre diversos parâmetros construtivos, consideraram a quantidade de pavimentos (1 e 10), o fator de forma (1:1 e 1:3) e a

razão de área de janela por área de fachada (30% e 70%). Para a análise dos resultados desses, mantiveram outros parâmetros constantes, como a taxa de ocupação, a potência instalada de iluminação e equipamentos e, por fim, a área construída.

De acordo com os resultados alcançados, os autores obtiveram algumas conclusões dispostas a seguir:

- Com relação ao número de pavimentos (1 e 10), observaram que o consumo de energia elétrica é maior para o edifício de 10 pavimentos, chegando a 36% quando a razão de área de janela por área de fachada era de 30% e alcançando 60% quando usaram a razão de área de janela por área de fachada de 70%. Este aumento no consumo de energia ocorre quando as cargas térmicas provenientes das paredes e aberturas são maiores que a parcela que vem da cobertura.

- Com relação à forma (1:1 e 1:3), para uma razão de janela por fachada de 30% e edifício de 1 pavimento, não obtiveram diferenças significativas no consumo de energia elétrica.

- Com relação à razão de janela por fachada, para a alternativa de projeto com maior percentagem de aberturas, o consumo de energia elétrica foi maior. Reduzindo essa razão de 70% para 30%, observaram que houve uma redução de 15% para edificações com fator de forma de 1:1 e 25% para edificações com fator de forma de 1:3.

Segundo Ghisi e Tinker (2005), grandes áreas de janela têm a inconveniência de permitir ganhos ou perdas excessivas de calor. Logo, para amenizar o desconforto causado pelo ganho ou pela perda de calor, torna-se mais intenso o uso de ar condicionado e sistemas de aquecimento, tendo como consequência o aumento do consumo de energia.

De acordo com o estudo realizado por Ghisi e Tinker (2005), verificou-se que o consumo de energia aumenta quando a área de janela utilizada é diferente da área ideal de janela (AIJ). O consumo de energia aumenta ao reduzir as dimensões dos ambientes, com proporção e orientação fixas.

Para o estudo de Ghisi e Tinker (2005), foram realizadas simulações computacionais com o programa VisualDOE para a cidade de Florianópolis. A análise do consumo de energia foi obtida a partir de alterações nos índices de ambiente (K) de 0,6 e 5,0. Estes índices representam, respectivamente, menores e

maiores cômodos, com a proporção e a orientação fixa. Para uma das opções simuladas, um ambiente pequeno ($K=0,6$), com proporção de 2:1, a área ideal de janela (AIJ) foi de 11% em relação à área da fachada. Aumentando o percentual de área de janela por fachada para 30%, o consumo de energia foi 35,6% maior que o consumo do mesmo ambiente para AIJ de 11%.

Em outra pesquisa realizada por Ghisi et al. (2005), confrontam-se resultados obtidos através de simulações computacionais com dados obtidos da literatura sobre área de janela que garanta a vista para o exterior e também sobre dimensão da janela para se obter maior aproveitamento da iluminação natural.

Os autores apresentam as áreas recomendadas para garantir vista para o exterior comparadas com áreas ideais de janela, provenientes do estudo de Ghisi e Tinker (2005). De forma geral, Ghisi et al. (2005) concluíram que a adoção de área de janela recomendada para garantir vista para o exterior comparada à área ideal de janela resulta em um maior consumo de energia, pois se mostrou que a área de janela para garantir vista para o exterior é geralmente maior que a área ideal de janela.

Outro estudo utilizando simulação termo-energética foi desenvolvido por Gómez et al. (1994). Foram analisados os resultados obtidos com simulações e comparados com o consumo de energia medido a partir de leituras dos medidores pela concessionária local. O edifício analisado foi o Fórum de Santa Catarina, um edifício público localizado na cidade de Florianópolis.

Os autores apresentaram uma comparação entre os resultados medidos e simulados por usos finais de consumo de energia elétrica. Dessas comparações, observaram que para o sistema de iluminação não houve diferença entre os resultados medidos e simulados. Com relação ao consumo dos equipamentos, a diferença entre os valores medidos e simulados foi inferior a 10%. Quanto ao ar condicionado, o consumo de energia obtido com a simulação computacional foi superior ao consumo medido em aproximadamente 8%.

Um aspecto interessante do estudo foi quanto às diferenças encontradas nos meses que não apresentam temperaturas muito altas ou baixas. Essas diferenças se deram devido ao uso aleatório do ar condicionado, o que não ocorreu nos meses quentes, onde foi possível assumir que os sistemas de condicionamento de ar funcionaram no horário de expediente. A diferença entre o caso simulado e o medido ficou sempre inferior a 10%. Os autores apresentaram uma combinação de

parâmetros construtivos como alternativa de conservação de energia destacando o controle da iluminação, a utilização de luminárias eficientes, a colocação de vidros duplos com películas, e por fim, a diminuição da área de janelas. Com essas modificações obtiveram uma economia de 46,6% para o consumo total de energia e de 38,3% no custo anual desta.

Bulla (1999) buscou analisar parametricamente o desempenho termo-energético de um edifício de escritório localizado na cidade de Florianópolis. Após o autor ter definido os parâmetros construtivos do edifício (caso base), estudou a influência do coeficiente de sombreamento dos vidros, a razão de janela por fachada, a absorvância de radiação de onda curta incidente e a transmitância térmica das paredes e da cobertura. Dentre os resultados obtidos, Bulla (1999) destacou que as janelas foram responsáveis por variações no consumo de energia elétrica em 13%, a transmitância térmica das paredes em 0,5% e a orientação da edificação em 5%.

Nesse estudo, o consumo mostrou-se diretamente proporcional à densidade de iluminação. O número de trocas de ar se apresentou linear ao consumo, mas foi insignificante. O coeficiente de sombreamento dos vidros, a razão de janela por fachada, a absorvância de radiação de onda curta incidente na parede e na cobertura e a transmitância térmica da cobertura demonstraram relação linear com o consumo de energia. Já a transmitância da parede não apresentou linearidade, atingindo um consumo mínimo para valores de 2,0 e 3,0 W/m²K. Nesse estudo, destacou-se ainda que, para as paredes, a absorvância causou variações mais significativas no consumo.

Portanto, para limitar o consumo de energia elétrica, Bulla (1999) sugeriu valores limites para as propriedades das janelas, correlacionadas entre si com a orientação do edifício. Para a cobertura, a transmitância térmica e a absorvância são parâmetros que tendem a ser mais significativos em edificações térreas.

Signor (1999) realizou aproximadamente 7000 simulações termo-energéticas para 14 cidades brasileiras utilizando a ferramenta DOE 2.1E. No estudo, o autor correlacionou variáveis arquitetônicas de edifícios de escritório com o consumo de energia elétrica. O principal objetivo do trabalho foi entender a influência de variáveis arquitetônicas e construtivas na determinação do consumo de energia elétrica.

O autor apresentou equações que podem ser utilizadas para estimar o consumo de energia elétrica em edifícios de escritório de cada cidade analisada

baseadas em regressões lineares múltiplas de análises dos parâmetros construtivos e do consumo de energia.

Diversos parâmetros construtivos foram testados com a finalidade de buscar aqueles de maior importância na determinação do consumo de energia. As variáveis selecionadas foram: a área total da edificação, área de fachada e cobertura, razão de janela por fachada, fator de projeção, coeficiente de sombreamento dos vidros, transmitância da cobertura, absorvância de radiação de onda curta incidente na cobertura e a densidade de carga interna. A Eq. (2.1) proposta por Signor (1999) para estimar o consumo de energia elétrica de edifícios de escritório em Florianópolis está apresentada a seguir.

$$C = 21,33 \cdot \frac{A_{cob}}{A_{total}} + 18,21 \cdot \frac{A_{cob} \cdot U_{cob} \cdot \alpha_{cob}}{A_{total}} + 15,58 \cdot \frac{A_{fach}}{A_{total}} + 117,50 \cdot \frac{A_{fach} \cdot WWR \cdot SC}{A_{total}} - 63,69 \cdot \frac{A_{fach} \cdot WWR \cdot SC \cdot PF}{A_{total}} + 6,61 \cdot WWR - 5,30 \cdot WWR \cdot SC - 0,88 \cdot PF + 3,24 \cdot ILD + 0,32 \quad \text{Eq.(2.1)}$$

Onde:

C = consumo anual de energia (kWh/m²);

A_{cob} = área da cobertura (m²);

A_{fach} = área da fachada (m²);

A_{total} = área total (m²);

U_{cob} = transmitância térmica da cobertura (W/m².K);

α_{cob} = absorvância da cobertura (adimensional);

WWR = razão de área de janela por área de fachada (adimensional);

PF = fator de projeção horizontal dos brises (adimensional);

SC = fator de sombreamento dos vidros (adimensional);

ILD = densidade de carga interna instalada (W/m²).

Dentre vários resultados obtidos, a situação a seguir exemplifica uma relação de parâmetros avaliados. Em uma edificação com as seguintes características: quadrada, com 1 pavimento, pé-direito de 3m, transmitância térmica da cobertura correspondendo a 2,00W/m²K, absorvância da cobertura igual a 50% e densidade de carga interna igual a 30W/m², demonstrou resultados quanto ao consumo de energia para WWR de 20%, 40% e 60% variando o fator de projeção. Quando aumentou o fator de projeção (com uma proteção horizontal), o consumo de energia reduziu em

15% para um WWR de 60%. Reduzindo o WWR de 60% para 40% sem nenhum elemento de proteção solar, a redução no consumo foi de 9%.

Os resultados do estudo de Signor (1999) foram satisfatórios, pois as equações que desenvolveu demonstraram um bom ajuste.

Lee et al. (2001) verificaram a eficiência energética de um edifício através de simulação computacional. O estudo consistiu em uma auditoria energética em dois prédios do Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), verificando, através de simulações, a eficiência de medidas adotadas para a otimização do uso da energia elétrica.

As principais medidas adotadas para promover o uso eficiente da energia elétrica foram instalação de um sistema central de condicionamento de ar, elementos de proteção solar, aproveitamento da iluminação natural com a construção de prateleiras de luz, sistema de iluminação artificial composto por lâmpadas T8 de 32W, luminárias com refletor de alumínio de alta pureza e reatores com alto fator de potência.

Para a análise desses parâmetros pós-ocupação, Lee et al. (2001) utilizaram o programa VisualDOE, e o modelo das edificações foi calibrado no programa através de medições *in loco*. No estudo, foi determinada a economia de energia alcançada comparando-se parâmetros construtivos menos eficientes, também simulados, utilizados nas edificações típicas da UFSC.

Os resultados obtidos com a adoção de parâmetros construtivos mais eficientes proporcionaram uma economia equivalente a 24% do consumo anual de energia elétrica. Com relação ao condicionamento de ar e à iluminação, ocasionou uma economia equivalente a 38%.

Por fim, os autores constataram que os benefícios seriam ainda maiores se o sistema de iluminação artificial fosse controlado de acordo com a contribuição de luz natural nos ambientes. As prateleiras de luz proporcionaram os benefícios esperados, porém a falta de um sistema automatizado deixa o usuário com a responsabilidade de racionalizar o uso da iluminação artificial.

Lam e Hui (1993) apresentaram um estudo do desempenho térmico e energético de edifícios comerciais em Hong Kong utilizando o programa de simulação energética DOE 2.1D, destacando a importância dos métodos de simulações computacionais para a análise termo-energética de edifícios.

Para a realização de seus objetivos, uma análise paramétrica foi obtida a fim de verificar os fatores de projeto relacionados à energia e identificar os parâmetros mais importantes que influenciam no consumo de energia de edifícios comerciais. Os dados de entrada para o programa de simulação energética foram classificados em três grupos principais: as cargas da edificação, o sistema secundário do ar condicionado (*SYSTEMS*) e o sistema primário do ar condicionado (*PLANTS*). Em seguida, cada grupo foi subdividido, como apresenta a Fig. 2.3.

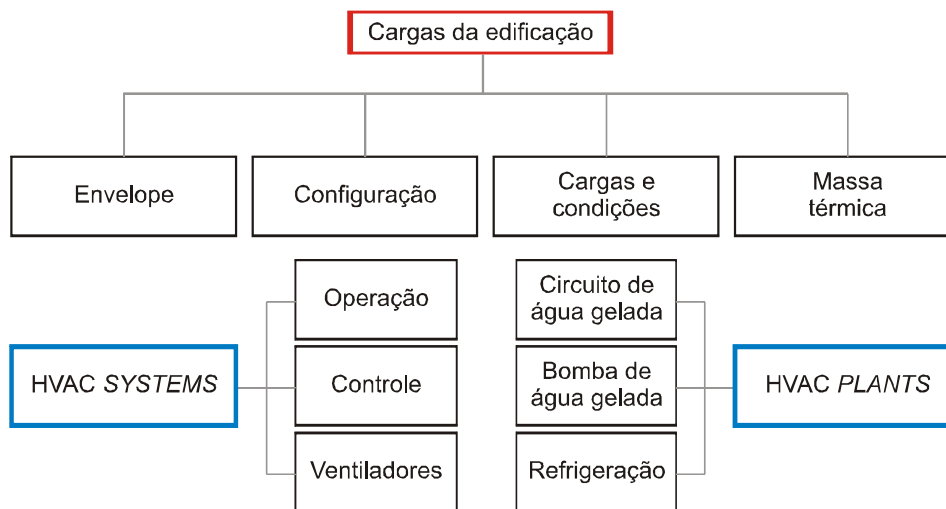


Fig. 2.3: Classificação dos dados de entrada para o programa de simulação. Fonte: Lam e Hui. (1993)

Cada um dos parâmetros de estudo foi variado isoladamente, sempre fazendo relação ao caso-base dentro de um intervalo pré-selecionado. Foram realizadas simulações com a finalidade de analisar os efeitos destes no consumo de energia do edifício. Alguns parâmetros foram avaliados qualitativamente ao passo que não são numéricos, tais como o tipo de sistema de ar condicionado e formas de controle destes. A relação entre o consumo anual de energia com os parâmetros de entrada foi estabelecida através de análises de regressão, a fim de compreender-se o comportamento energético do edifício em função destes parâmetros.

Lam e Hui (1993) sugerem uma análise de sensibilidade para comparar alterações na entrada de dados. Os autores destacam que conhecer a influência que os parâmetros de entrada têm nos resultados de saída é útil para identificar as características mais críticas. Um resumo da análise de sensibilidade é apresentado a seguir:

- Carga da edificação: destacam as cargas básicas internas, incluindo iluminação, equipamentos e ocupantes como as mais significativas. Outros parâmetros importantes incluem as variáveis de projeto para o envelope do edifício tais como a razão de área de janela por área de fachada (WWR), coeficiente de sombreamento (SC), transmitância térmica (U) e absorvância da parede (α_{par}).

- Para o sistema de ar condicionado secundário (*SYSTEMS*): classificam como essenciais os *setpoints* do termostato do ar condicionado para o verão, a eficiência energética e a pressão estática dos ventiladores.

- Para o sistema de ar condicionado primário (*PLANTS*): destacam o coeficiente de desempenho dos *chillers*, a temperatura da água gelada de abastecimento, a diferença de temperatura de projeto da água gelada e a eficiência das bombas de impulsão de água gelada como sendo influentes no consumo de energia elétrica.

Os autores ainda mostraram que através da análise de regressão, pode-se estabelecer relações matemáticas entre as variáveis de entrada e saída. Os resultados sugerem que muitos parâmetros de carga da edificação estão linearmente relacionados com o consumo anual de energia elétrica, enquanto que outros parâmetros do sistema de ar condicionado podem ser ajustados por equações.

Em outro trabalho realizado por Lam e Hui (1996), dentre as variáveis significativas, utilizaram seis relativas ao envelope: o coeficiente de sombreamento (SC), a razão de área de janela por área de fachada (WWR), a carga de iluminação (LPD), a carga de equipamentos (EPD), a densidade de ocupantes (OccD) e a temperatura interna do ar (AT), relacionando-as também com a carga elétrica e os perfis de demanda e cargas de refrigeração.

Para esse estudo, também foram analisadas as influências qualitativas das variáveis nos resultados, além de uma análise por uso final de consumo de energia elétrica. A Fig. 2.4. apresenta percentualmente os usos finais do consumo do caso-base do estudo realizado por Lam e Hui (1996).

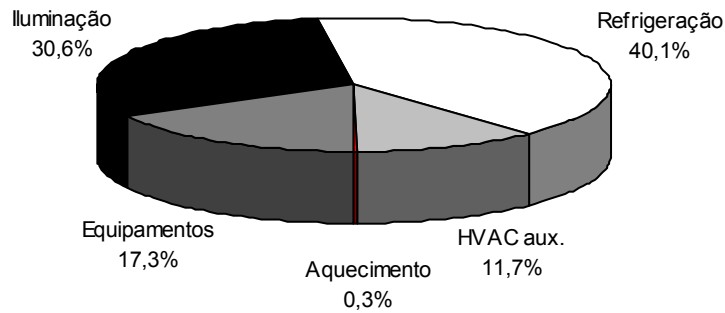


Fig. 2.4: Consumo de energia elétrica por usos finais em Hong Kong. Fonte: Ham e Lui, (1996)

Os autores perceberam uma tendência linear quanto à análise de sensibilidade do consumo com relação aos parâmetros considerados no estudo. Perceberam ainda que as influências das variações são proporcionais aos consumos isolados de cada parâmetro.

Lam e Hui (1996) destacam a análise de alguns resultados, como:

- O consumo anual de energia elétrica decresce exponencialmente com o aumento do tamanho dos sistemas de proteção solar;
- A área envidraçada tem influência significativa no consumo de energia elétrica;
- O consumo de energia cresce com o aumento da transmitância térmica das paredes, contudo decresce com o aumento da transmitância à radiação solar.

As cargas térmicas e as diferenças de uso sazonais das edificações também foram analisadas. Destacam-se as tendências qualitativas das variáveis que influenciam, particularmente quando se aumenta a eficiência do sistema de condicionamento de ar, que tende a linearizar o consumo anual de energia elétrica do edifício. A eficiência utilizada para o trabalho descrito, o *Energy Efficiency Ratio* (EER) é de 2,93kW/kW. Este valor é a razão entre a capacidade de resfriamento e a energia entregue ao sistema em condições pré-estabelecidas.

Os autores concluem aconselhando a realização de mais estudos relativos às cargas térmicas da edificação. Também destacam que as análises dos resultados de sensibilidade e das simulações devem ser aprofundadas tanto quantitativamente quanto qualitativamente, com o entendimento de suas limitações e implicações.

Nos trabalhos apresentados, todos indicam que decisões simples podem colaborar para o uso racional de energia elétrica. A especificação de equipamentos mais eficientes e a elaboração de um projeto adequado ao clima são medidas de baixo custo que deveriam ser colocadas em prática desde a fase inicial do projeto

arquitetônico. Além disso, para avaliação do comportamento dos parâmetros construtivos relacionados à energia, faz-se necessário a utilização de um programa computacional de simulação termo-energética.

Devido ao grande número de variáveis envolvidas no estudo do desempenho energético de edificações, o programa simulador simplifica e colabora nas análises que se deseje realizar. No tópico seguinte é demonstrada a importância do programa simulador para a análise energética juntamente com a apresentação do programa EnergyPlus como ferramenta de apoio para essas simulações.

2.4 O programa simulador

O uso de programas de simulação é importante para prever o desempenho energético e ambiental de edificações, orientando as decisões de projeto ou comprovando a eficiência e análise custo/benefício dessas decisões (LAMBERTS et al., 1997). Através de simulações termo-energéticas é possível conhecer o comportamento de cada parâmetro construtivo e também abordar de forma integrada os sistemas naturais e artificiais de condicionamento e de iluminação, respondendo mais adequadamente às condicionantes do clima e da função do edifício (LAMBERTS et al., 1997).

Devido ao grande número de variáveis envolvidas para avaliar o desempenho energético de edificações, foram desenvolvidos programas como DOE, BLAST, ESP e EnergyPlus, que fazem simulações com dados climáticos, permitindo uma avaliação econômica através do consumo de energia das diversas opções simuladas (LAMBERTS et al., 1997).

Para o processo de simulação termo-energética, o programa adotado é o EnergyPlus. Esse programa combina o melhor de dois programas de simulação termo-energética: DOE-2 e BLAST. Foi desenvolvido em conjunto por: *U.S. Army Construction Engineering Research Laboratories (CERL)*, *University of Illinois (UI)*, *Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL)*, *Oklahoma State University (OSU)*, *GARD Analytics* e *Department of Energy (DOE)* (CRAWLEY et al., 2004).

O EnergyPlus combina o balanço de calor do IBLAST com um ar condicionado genérico, trabalha com programas de iluminação natural e novos algoritmos de transferência de calor e fluxo de ar de zonas (CRAWLEY et al., 2004).

A partir da caracterização geométrica da edificação, seus componentes construtivos, cargas elétricas instaladas, sistemas de condicionamento de ar e padrões de uso e ocupação, o EnergyPlus estima o consumo de energia considerando trocas térmicas da edificação com o exterior.

O EnergyPlus permite que o usuário solicite diversos relatórios, com dados estimados durante o processo de simulação, incluindo temperatura interna de cada zona térmica, consumo de energia por uso final e carga térmica retirada pelo sistema de condicionamento de ar.

Em suma, a proposta do programa de simulação termo-energética EnergyPlus é desenvolver e organizar módulos de programas que possam trabalhar facilmente juntos ou individualmente (LAMBERTS, 2000). A estrutura genérica do programa possui três componentes: o operador da simulação, o módulo de simulação do balanço de calor, e o módulo de simulação do sistema da edificação (CRAWLEY et al., 2004). A Fig. 2.5 apresenta a estrutura de funcionamento do programa.

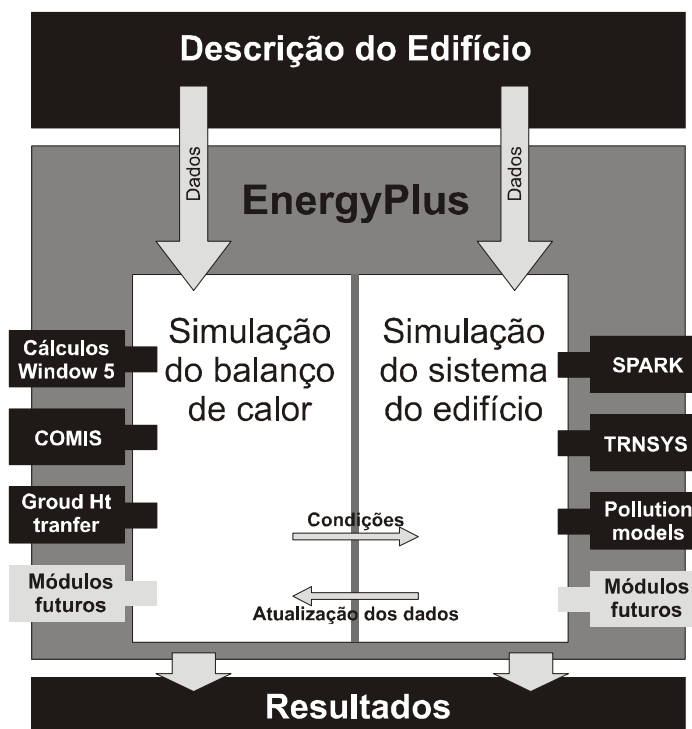


Fig. 2.5: Estrutura genérica do programa EnergyPlus. Fonte: Crawley et al., 2001.

Para o cálculo da carga térmica, o programa EnergyPlus utiliza o método dos fatores de resposta, que consiste na técnica de solução de um sistema de equações lineares, baseando-se no princípio da superposição em que o efeito da temperatura

sobre a densidade do fluxo de calor é a soma dos efeitos causados por vários pulsos individuais de temperatura durante instantes anteriores. Portanto, esse método compõe-se de três etapas: desenvolvimento do pulso em séries de componentes simples; cálculo da resposta para cada componente; e adição das respostas de cada componente (LAMBERTS, 2000).

Observa-se que para as simulações termo-energéticas utiliza-se de dados climáticos do local em que se deseja avaliar aspectos relacionados ao consumo de energia. Com os dados climáticos no formato específico para o programa simulador, são elaborados projetos mais adequados ao clima. A seguir, está apresentado o que são esses dados climáticos e o que os compõem.

2.5 Dados Climáticos

A maioria dos programas computacionais para a análise termo-energética de edificações utiliza arquivos com dados climáticos horários de um ano para representar a influência do ambiente externo sobre a edificação. Geralmente, esses arquivos são obtidos em estações meteorológicas de aeroporto e necessitam de tratamento adequado para adaptá-los ao formato do programa de simulação energética desejado. O custo desses arquivos é alto e o tratamento dos dados exige elevado tempo de dedicação por parte do analista.

Foi desenvolvido um arquivo de dados climáticos para a cidade de Florianópolis, no formato TRY (*Test Reference Year*) (GOULART, 1993). Para se obter esse arquivo, adota-se o critério de eliminação de anos de dados, os quais contém temperaturas médias mensais extremas, até resultar em um ano de referência em relação ao clima local (GOULART, 1993). As variáveis incluem:

- Mês, dia e hora;
- Temperatura de bulbo seco;
- Temperatura de bulbo úmido;
- Temperatura de solo;
- Velocidade do vento;
- Direção do vento;
- Pressão barométrica;
- Quantidade de nuvens;

- Tipo de nuvens;
- Altura das nuvens;
- Radiação solar.

Para Florianópolis, os dados climáticos relativos à radiação solar não existem, portanto esses dados devem ser calculados pelo programa de simulação termo-energética a partir da quantidade de nuvens que constam no arquivo de dados climáticos (GOULART, 1993).

No estudo de Carlo (2005), apresenta-se uma metodologia utilizada para revisão dos arquivos climáticos, ajustes de modelos para a estimativa de dados de radiação solar e por fim, a compilação de arquivos em formatos compatíveis com programas de simulação termo-energética como DOE 2.1E e EnergyPlus.

Segundo Carlo (2005), dois métodos foram avaliados e testados para cinco cidades brasileiras, e comparados com médias mensais de totais diários de irradiação solar de bibliografia existente. Um dos métodos, denominado Kasten, originou-se de pesquisas realizadas para criação de arquivos com dados climáticos internacionais, arquivos *International Weather Energy Conservation* (IWEC). O outro método, denominado LabEEE, originou-se de pesquisa realizada na Universidade Federal de Santa Catarina. O primeiro método apresentou maiores distorções em relação à principal fonte de dados, o Atlas de Irradiação Solar do Brasil. O segundo método foi então aplicado nos arquivos climáticos referentes a 14 cidades brasileiras.

Para a produção de arquivos climáticos para as 14 cidades brasileiras, foram estimadas as radiações horizontais tanto diretas como difusas obtidas da radiação global horizontal horária, para a obtenção da radiação direta normal (CARLO, 2005).

Arquivos do tipo bin, para o programa DOE 2.1-E foram renovados, contendo dados pré-calculados de radiação solar. Já os arquivos tipo epw foram gerados pela primeira vez para simulação do desempenho energético de edificações no programa EnergyPlus (CARLO, 2005).

De acordo com Carlo (2005) os arquivos climáticos, além de serem utilizados para programas de simulação, podem ser consultados em tabelas e gráficos contendo as principais características ou podem ser manipulados para outros fins no formato texto.

Os trabalhos que avaliam o comportamento dos parâmetros construtivos relacionados à energia utilizam de simulações computacionais. No entanto, para iniciar as simulações de análise de alterações de parâmetros construtivos, nada melhor que um modelo simplificado que se ajuste à realidade construtiva do local. Um modelo que represente bem as características construtivas tornam os resultados das simulações mais adequados.

No tópico seguinte, são apresentados métodos que definem esse modelo construtivo, denominado neste trabalho como tipologia predominante.

2.6 Definição de tipologia predominante

A tipologia predominante é considerada como um conjunto de características reduzidas de uma população de edificações e que represente a realidade construtiva. É necessário que se verifique como são as características que se relacionam ao consumo de energia e à eficiência energética, como e quais são os padrões de uso de equipamentos e de ocupação de uma edificação. Quando se trata de eficiência energética em edificações, a ferramenta computacional que prevê e quantifica impactos do consumo de energia, utiliza dessa tipologia predominante como modelo computacional reduzido aos parâmetros que interferem significativamente no consumo de energia de um edifício (CARLO e TOCCOLINI, 2005).

De acordo com Carlo e Toccolini (2005) a tipologia predominante está baseada em características de mais de uma edificação, logo, não está passível de ajustes e calibração, mas visa representar essas características de uma amostra, mesmo que não exista relação com um modelo real. Uma tipologia predominante diferencia-se de um modelo real quando este se baseia em uma edificação existente e atenta à reprodução do desempenho real da edificação.

As metodologias mais conhecidas e consolidadas de obtenção de dados para origem de tipologias predominantes são as bases de dados de edificações dos EUA, o *Residential Energy Consumption Survey* – RECS e o *Commercial Buildings Energy Consumption Survey* – CBECS (HUANG et al., 1991). Essas fontes de

dados se tornaram largamente utilizadas em pesquisas para definição de modelos representativos para diversos fins.

O método utilizado para a obtenção de dados para o RECS foi dividido em etapas. A primeira foi a realização de entrevistas com os moradores para, principalmente, permitir o acesso às contas de energia elétrica, e a segunda foi consultas das fornecedoras de energia. A partir de levantamento populacional, obteve-se o universo de residências e através de estatísticas, definiram uma amostra na qual foi distribuída territorialmente.

O CBECS envolve edificações comerciais com área maior que 93m², sendo que mais de 50% dessa área deve ser voltada para atividade comercial. O banco de dados apresenta 4657 edificações divididas em 16 atividades, com suas localizações, dimensões, ocupações, usos de equipamentos, usos de energias e áreas de aquecimento e resfriamento (CBECS, 2005).

O levantamento dos dados para o CBECS, assim como o RECS, foi dividido em duas etapas: o levantamento das características envolvidas na edificação e o levantamento dos padrões de consumo de energia. Foram definidos questionários nos quais foram conduzidos para os responsáveis das edificações, assim identificaram uma amostra. Os dados foram processados a partir da caracterização das edificações e dos seus consumos e, depois comparados os resultados aos totais de venda dos combustíveis fornecidos pelas concessionárias.

Outros estudos, assim como o de HUANG et al. (1991), com objetivos mais específicos foram realizados para complementar os dados existentes. Os autores estabeleceram informações relacionadas ao setor de energia e construção que afetavam o uso de petróleo. Assim, para classificação e modelagem dos protótipos para esse estudo, os dados foram coletados de 8 fontes até formar uma base de dados satisfatória. Dentre essas fontes, o *Non-residential Building Energy Consumption Survey* (NBECS) forneceu dados como área de piso, uso final de energia, horas de operação, características do envelope da edificação e uso dos combustíveis. Com esses dados processados, estimaram 481 modelos nos quais compreendem tipologias construtivas comerciais e multi-familiares.

Em Hong Kong, foram simulados com o programa DOE-2 protótipos obtidos de auditorias energéticas em edificações de serviços com a finalidade de implementar programas para conservação de energia (CHIRARATTANANON e TAWEEKUN, 2003).

Os levantamentos indicaram o tipo de atividade comercial (edifício de escritório, hotel, hospital e lojas), características construtivas e funcionais; além de áreas internas condicionadas; áreas não condicionadas; uso da energia; eficiência, capacidade e componentes do ar-condicionado; monitoramento de temperatura e umidade em cada zona térmica; tipo de sistema de iluminação e tipos de equipamentos. Assim, os dados foram generalizados e transformados em indicadores para a simulação.

A Fig. 2.6 apresenta 4 protótipos de edificações que representam as atividades adotadas no estudo, obtidos dos levantamentos. Observa-se que os protótipos são retangulares com as fachadas de menores dimensões orientadas a oeste e leste.

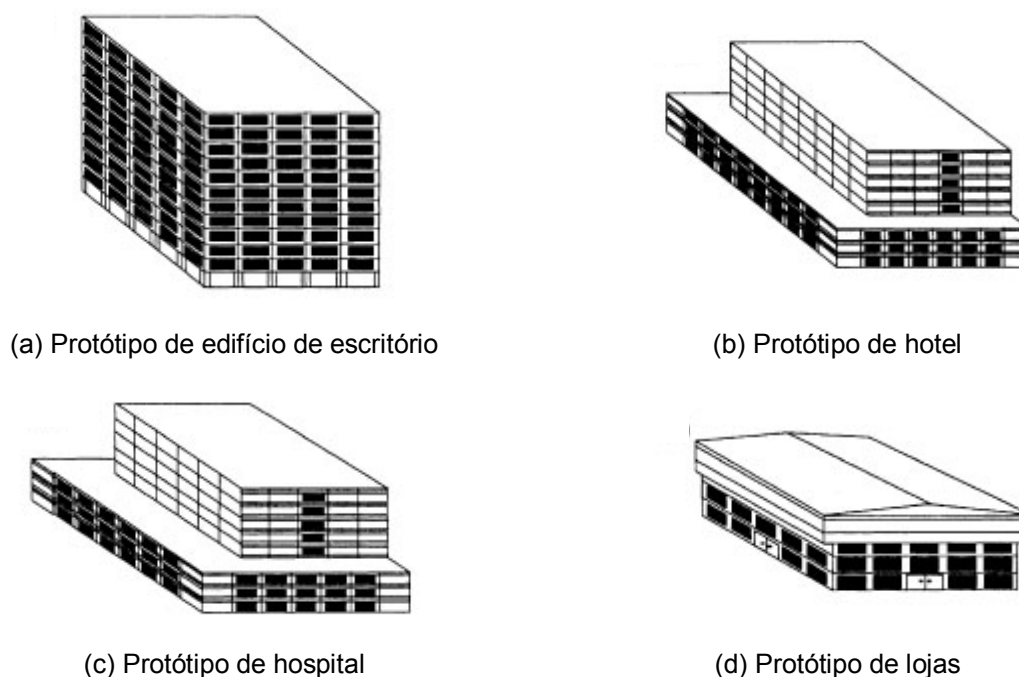


Fig. 2.6: Protótipos de edificações utilizados em Hong Kong.
Fonte: Chirarattananon e Taweekun (2003)

Em Hong Kong, é possível perceber semelhanças com os padrões construtivos brasileiros. Essas semelhanças são observadas através dos dados adotados para os protótipos do estudo de Chirarattananon e Taweekun (2003).

Os protótipos possuem zonas térmicas de acordo com a influência do contato dos ambientes externos. A zona térmica em contato com o solo encontra-se no pavimento térreo, a zona térmica intermediária encontra-se localizada entre

pavimentos, e por fim, a zona térmica protegida pela cobertura encontra-se no último pavimento. As paredes são de blocos de cimento e janelas compostas de vidro claro.

No Brasil, existem pesquisas a fim de caracterizar edificações com relação ao consumo de energia elétrica. Em Salvador (CARLO et al., 2003) e em Recife (CARLO et al. 2004), foram identificados, através de levantamento fotográfico, parâmetros que influenciam no desempenho térmico e energético de edificações comerciais. Foram observadas a forma da edificação, a altura, a percentagem de área de janela por fachada e a presença de elementos de sombreamento nas janelas.

Outro projeto também visa produzir protótipos de edificações brasileiras com relação ao consumo de energia elétrica (CARLO e TOCCOLINI, 2005). Esse projeto é compreendido de uma das três partes da primeira etapa da elaboração de uma regulamentação, sendo as outras partes a preparação de arquivos climáticos para simulação computacional e treinamento da equipe de simulação (CARLO e TOCCOLINI, 2005).

Segundo Carlo e Toccolini (2005), foram definidos dois tipos de protótipos: os residenciais e os comerciais. Este último ainda foi dividido de acordo com a atividade que representa (escritórios, hotéis, restaurantes, supermercados, lojas, escolas e hospitais).

Para verificar as características das edificações, foram realizados dois levantamentos: o levantamento fotográfico de edificações nas cidades de São Paulo e Florianópolis e o levantamento *in loco* para identificação das características do interior da edificação. A amostra compreende 452 edificações. Os resultados dos levantamentos indicaram a frequência de ocorrência de número de pavimentos, de forma, de atividade, de uso de energia, entre outros. Foram avaliadas as peculiaridades que estavam relacionadas às atividades exercidas nas edificações para compor os protótipos a serem simulados no programa EnergyPlus. Portanto, as simulações termo-energéticas reproduzirão o consumo de energia das edificações e para posterior investigação das alterações perante elementos da envoltória (CARLO e TOCCOLINI, 2005).

Para a revisão deste trabalho até então, foram relatados estudos que abordam uma preocupação com a eficiência energética em edificações e os condicionantes que implicam na análise de parâmetros relacionados ao consumo de energia. A seguir, de forma sucinta, algumas normas sobre eficiência energética são

abordadas por serem uma forma de incentivar a redução do consumo de energia e alcançar maior eficiência em novas construções e em *retrofits*.

2.7 Normas sobre eficiência energética

Durante a crise de petróleo, na década de 70, surgiram as primeiras normas de eficiência energética em edificações. Nesse período, países como os EUA, lançaram programas de incentivo à redução de consumo de energia, resultando posteriormente no desenvolvimento de normas de eficiência energética. Na Califórnia, desenvolveu-se a *Title 24*, uma das primeiras a terem sua implantação obrigatória naquele estado. Também, posterior a esse incentivo de redução de consumo de energia, resultaram na criação de normas, como a *Standard 90* e a *Energy Conservation in New Building Design*.

As normas de eficiência energética têm ajudado muitos países a alcançar maior eficiência em novas construções. Atualmente, países como EUA, Canadá, México, Austrália, Hong Kong, Singapura, Filipinas, Chile, Nova Zelândia, dentre outros, possuem algum tipo de norma ou lei sobre eficiência energética em edificações.

Em 1992, foi criado nos EUA o *Energy Policy Act* que determinava que todos os países deveriam desenvolver normas de eficiência energética, e que cada Estado deveria revisar os códigos em eficiência energética para alcançar ou superar as especificações do *Model Energy Code 1992* para edificações residenciais, e da ASHRAE Standard 90.1-1989 para edificações comerciais. Incluíram novas opções que regulamentavam a geração de eletricidade e vários incentivos fiscais. O *Energy Policy Act* é considerado como a primeira lei relacionada à energia e compõe uma série de propostas com o objetivo de aumentar a segurança em energia dos EUA, reduzir os efeitos ambientais e incentivar o crescimento econômico a longo prazo.

Estas normas eram produzidas pela ASHRAE até 1980 e posteriormente foram produzidas em conjunto com a *Illuminating Engineering Society of North America* – IES. A norma ASHRAE teve sua primeira versão publicada em 1975, sendo atualizada em 1980. Em 1989 foi revisada e intitulada ASHRAE/IES 90.1-1989 – *Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* (ASHRAE, 1985), baseada no OTTV (*Overall Thermal Transmittance Value*). O

OTTV é definido como sendo a transferência térmica máxima permissível no edifício, através de suas paredes, coberturas e pisos, devido ao ganho de calor solar e a diferença de temperatura entre o exterior e o interior do mesmo.

A primeira versão da norma ASHRAE de 1975 apresenta como principal objetivo estabelecer exigências de projeto que venham a melhorar o uso de energia em novos edifícios e também para fornecer meios de determinar de forma antecipada, o impacto causado pelo uso dessa energia (ASHRAE, 1975).

As exigências apresentadas nesta norma são direcionadas ao projeto do envelope do edifício, com a finalidade de que o mesmo apresente uma resistência térmica adequada e baixa taxa de infiltração de ar; e ao projeto e seleção de equipamentos e sistemas mecânicos e elétricos tais como ar condicionado, iluminação e aquecimento de água. Na seção 4 da norma, são analisados critérios relacionados ao envelope do edifício e são aplicados em função do tipo de edifício.

As edificações são classificadas em edifícios do **tipo A – residências independentes uni ou bi-familiares**: os elementos do envelope devem respeitar uma transmitância térmica combinada máxima (média ponderada das transmitâncias de cada elemento do envelope pelas suas áreas superficiais), obtida da correlação com os graus-dia de aquecimento do local em que a edificação é implantada; edifícios do **tipo B – todas as edificações, exceto as do tipo A**: os critérios de aquecimento e resfriamento são adotados separadamente, o critério para aquecimento é o mesmo utilizado na edificação do tipo A. Com relação ao critério de resfriamento, para as paredes, é adotado um valor de transferência global (OTTV).

Em 1989, a ASHRAE apresentou a versão da norma de eficiência energética para edificações exceto para edificações não residenciais, a *Standard 90.1 – Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings* (ASHRAE, 1989), aperfeiçoada e modificada decorrente da utilização da norma anterior, ainda baseada no OTTV. Esta norma possui as seguintes diretrizes:

- Estabelecer condições mínimas para a eficiência energética do projeto de novas edificações, de modo a minimizar o consumo de energia sem prejudicar o conforto dos ocupantes;
- Prover critérios para um projeto eficiente e métodos para determinar a conformidade com tais critérios;
- Estabelecer um guia confiável para projetos energeticamente eficientes.

O elemento de maior preocupação do código, pode-se dizer que é o envelope da edificação, devido à sua importância na determinação do desempenho do edifício. Para que o envelope da edificação atenda à norma deve-se passar por critérios básicos, como o da transmitância térmica global (U_0), obtido de média ponderada das transmitâncias de cada componente do envelope. A Eq. (2.2) expressa a forma de se obter a transmitância térmica global.

$$U_0 = \frac{\sum(U_i \cdot A_i)}{A_0} \quad \text{Eq.(2.2)}$$

Onde:

U_i = transmitância térmica de cada componente do envelope ($W/m^2.K$);

A_i = área de cada componente do envelope (m^2);

A_0 = área total do envelope (m^2).

Em 1993, foi publicado o *Energy Code for Commercial and High-Rise Residential Buildings* (ASHRAE, 1993), uma versão simplificada e atualizada da ASHRAE 90.1, desenvolvido para auxiliar no desenvolvimento de normas estaduais, conforme determinava o *Energy Policy Act*. No sentido de melhorar as condições da norma, foram estabelecidos objetivos, cujos principais são:

- Minimizar o esforço dos projetistas para demonstrar a conformidade de seus projetos com a norma;
- Permitir o uso de ferramentas computacionais com relação à iluminação e ao envelope;
- Permitir o uso do método do orçamento.

Em 1999, a *Standard 90.1* (ASHRAE, 1999) foi alterada significativamente. Abandonou-se o método OTTV e utilizou-se de métodos como:

- Método prescritivo: indica limites de transmitância térmica de elementos opacos e transparentes, resistência térmica de isolamentos e fator solar de vidros;
- Método de compensações: exige maior rigor em alguns limites de eficiência do método prescritivo para compensar outros que tenham ultrapassado seus limites de acordo com o método prescritivo;

- Método alternativo *Energy Cost Budget*: programa computacional que auxilia no cálculo do consumo a partir das trocas permitidas na norma. Baseia-se na simulação do consumo de energia de dois modelos, cujos custos relativos ao consumo de energia são comparados. Esse método não pode ser usado para estimar o consumo real de energia ou os custos do projeto proposto pós-construído.

Assim como as versões descritas acima, a versão mais atual de 2004 aborda o envelope da edificação, sistemas de ar condicionado, sistemas de iluminação artificial e aquecimento de água incluindo ainda motores e equipamentos.

A edição de 2004 é uma versão da manutenção constante estabelecida pela ASHRAE devido às mudanças rápidas que existem de tecnologia e dos preços de energia. Possui novas características e inclui mudanças como uma nova formatação da norma para facilidade de utilização.

O conteúdo da *Standard 90.1* classifica, além das cidades americanas, oito cidades brasileiras com relação aos seus climas: Belém, Fortaleza, Recife, Salvador, Rio de Janeiro, Brasília, São Paulo e Porto Alegre (ASHRAE, 2004). A ASHRAE classifica essas cidades em apenas duas zonas climáticas: *very hot-humid* e *hot-humid*, o que não corresponde à realidade. No Brasil, publicações da ABNT/CB-02 – Comitê Brasileiro de Construção Civil – incluem a NBR 15220-3 – Desempenho Térmico de Edificações - Parte3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social (ABNT, 2005). Esta norma estabelece um zoneamento bioclimático brasileiro, abrangendo um conjunto de recomendações e estratégias construtivas destinadas às habitações unifamiliares de interesse social. A divisão do território brasileiro considerou oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima, e não apenas duas, como estabelecido pela ASHRAE.

Juntamente com a classificação das zonas climáticas para as cidades brasileiras, a *Standard 90.1* indica transmitâncias térmicas para alguns componentes construtivos. Entretanto, os valores recomendados não apresentam variação de uma cidade para outra. Já se tratando de fator solar dos elementos construtivos transparentes e translúcidos indicados pelo código, percebe-se diferença dos valores principalmente com relação à orientação.

Com a finalidade de obter conformidade com a *Standard 90.1* e, relacionando com o envelope da edificação, deve-se utilizar métodos indicados pelo código. Para paredes e coberturas, adotam-se valores mínimos de resistência térmica para

isolamento ou valores máximos de transmitância térmica, condutância térmica ou fator de perda de calor pelo perímetro. Para as aberturas, a área vertical das mesmas deve ser menor que 50% do total da área da parede e também devem ser demonstradas conformidades com a transmitância térmica e com o coeficiente de ganho de calor solar.

Com relação ao sistema de iluminação, deve-se determinar a densidade de potência de iluminação através de um dos métodos: método da área total ou método de cálculo por ambiente. É obrigatório que edifícios com área igual ou superior a 465m² possuam controle automático de iluminação para todos os ambientes, iluminação de saída de emergência, iluminação do terreno na área externa e, potência de iluminação para o exterior da edificação.

Usar a *Standard 90.1*, de acordo com a ASHRAE, é umas das melhores maneiras de garantir que as tipologias de edificações comerciais e residenciais altas atendam ao *Energy Policy Act*.

No Brasil, em 2001, houve um racionamento de energia, o que facilitou a aprovação e sanção da Lei Federal Nº 10295 que dispõe sobre Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, que estabelece níveis máximos de consumo de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados ou comercializados no país, bem como as edificações construídas.

Iniciativas relacionadas ao uso eficiente da energia foram tomadas na cidade de Salvador-BA. A prefeitura da cidade está no processo de incluir modificações no seu código de obras visando incluir parâmetros de eficiência energética que garantam o uso racional de energia. Foi proposta uma norma baseada no formato da *Standard 90.1* e posteriormente adaptada ao formato de código de obras. Os critérios estabelecidos foram adequados à realidade cultural e econômica do local (CARLO et al., 2003).

Os critérios de eficiência energética no código de obras de Salvador, referem-se à envoltória do edifício e alguns sistemas prediais, principalmente iluminação. Os usos específicos como sombreamento e potência de iluminação, foram diferenciados de acordo com a função da edificação (CARLO et al., 2003b).

Os limites adotados no código de obras foram ajustados em estimativas de consumo realizadas através de simulações computacionais e também da equação desenvolvida por Signor (1999). Assim, foram definidos limites para transmitância

térmica para elementos opacos, para área de vidro, para fator de projeção da janela, para fator solar dos elementos transparentes ou translúcidos. Os limites definidos para a densidade de potência de iluminação foram adotados do estudo de Ghisi (1997). A eficiência de equipamento de ar condicionado não foi incluída devido à sua instalação ser feita posterior à aprovação do documento que permite a ocupação do edifício após a inspeção (CARLO et al., 2003).

Também foram definidos outros parâmetros visando o conforto térmico e luminoso, como o uso de brises nas janelas que garantam a ventilação natural e relações entre profundidade do ambiente e altura da janela (CARLO et al., 2003).

2.8 Considerações finais

A revisão bibliográfica relacionada ao tema foi abordada de forma que compreendesse os aspectos que deram embasamento para esse presente trabalho. Sucintamente, tratou-se do conceito de eficiência energética e das análises de edificações sob a ótica de consumo de energia elétrica.

A definição de uma tipologia predominante foi apresentada como uma maneira de simplificar a entrada de dados para as simulações computacionais. A simulação energética em edifícios de escritório foi destacada como sendo uma maneira de se alcançar uma edificação mais eficiente em termos de consumo de energia. Portanto, no capítulo seguinte é apresentada a metodologia utilizada para a definição do edifício predominante (caso base), para posteriores simulações termo-energéticas a fim de avaliar a influência dos parâmetros construtivos em edifícios de escritório em Florianópolis com relação ao consumo de energia elétrica.

3.1 Introdução

Esse trabalho apresenta um método para se analisar a influência de parâmetros construtivos no consumo de energia em edifícios de escritório a partir de levantamentos de características construtivas e levantamentos de ocupação e uso de equipamentos para serem utilizados como dados de entrada para simulações computacionais.

De forma geral, esta metodologia pode ser apresentada da seguinte forma:

- Localização dos edifícios de escritório da cidade de Florianópolis;
- Levantamento das características predominantes dos edifícios de escritório;
- Levantamento das atividades profissionais de edifícios de escritório e seus padrões de ocupação e de uso dos equipamentos;
- Monitoramento de alguns equipamentos utilizados em escritórios;
- Definição de uma tipologia predominante (caso base);
- Simulações termo-energéticas da tipologia predominante e das alterações de parâmetros que envolvem a edificação e que influenciam no desempenho energético.

Este procedimento metodológico é detalhado a seguir, para o caso específico de edifícios de escritório localizados no centro da cidade de Florianópolis.

3.2 Levantamento de dados

Para a coleta de dados, foram utilizados dois trabalhos paralelos de bolsistas de iniciação científica do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, Minku (2005) e Moreira (2005). Esses possuem levantamentos necessários para serem utilizados na metodologia desse trabalho.

3.2.1 Levantamento dos edifícios de escritório

A etapa inicial da coleta de dados consistiu na obtenção do número de edifícios de escritório situados no centro da cidade de Florianópolis. Foram considerados edifícios com cinco ou mais pavimentos, e também edifícios onde existe comércio no pavimento térreo, pois o ponto de interesse é a existência de escritórios no pavimento tipo.

A pesquisa na Secretaria de Urbanismo e Serviços Públicos (SUSP) forneceu informações sobre a quantidade de edifícios de serviços existentes na cidade. Dentre esses edifícios de serviços constavam edifícios de escritórios públicos, edifícios de escritórios particulares e edifícios comerciais. A distinção dessas edificações foi realizada através de visitas *in loco* e, apenas os edifícios de escritórios particulares foram considerados nesse trabalho.

3.2.2 Levantamento das tipologias construtivas

O levantamento consistiu na visita e registro das características de interesse para o desempenho energético de uma edificação.

Em todos os edifícios foram levantadas informações cedidas pela SUSP e complementadas com visitas *in loco*, registro fotográfico e entrevistas com projetistas e/ou construtores, com relação à tipologia construtiva, localização, profissionais responsáveis, ano de início de ocupação, número de pavimentos, dimensões, áreas, orientações, área de janela por fachada, sistemas de aberturas e elementos de proteção solar. No total, foram analisados trinta e cinco edifícios de escritórios. Esses dados foram organizados em planilhas. O modelo desta está apresentado no Apêndice 1.

As características levantadas estão mostradas na Fig.3.1, sendo que os quadros em cinza e preto mostram a lista dos itens na forma em que foram adquiridos. Em seguida, os dados dos quadros vermelhos da Fig. 3.1 foram generalizados ao serem transformados em indicadores para a simulação. Estes dados constituem a tipologia predominante e são apresentados nos resultados, no capítulo 4.

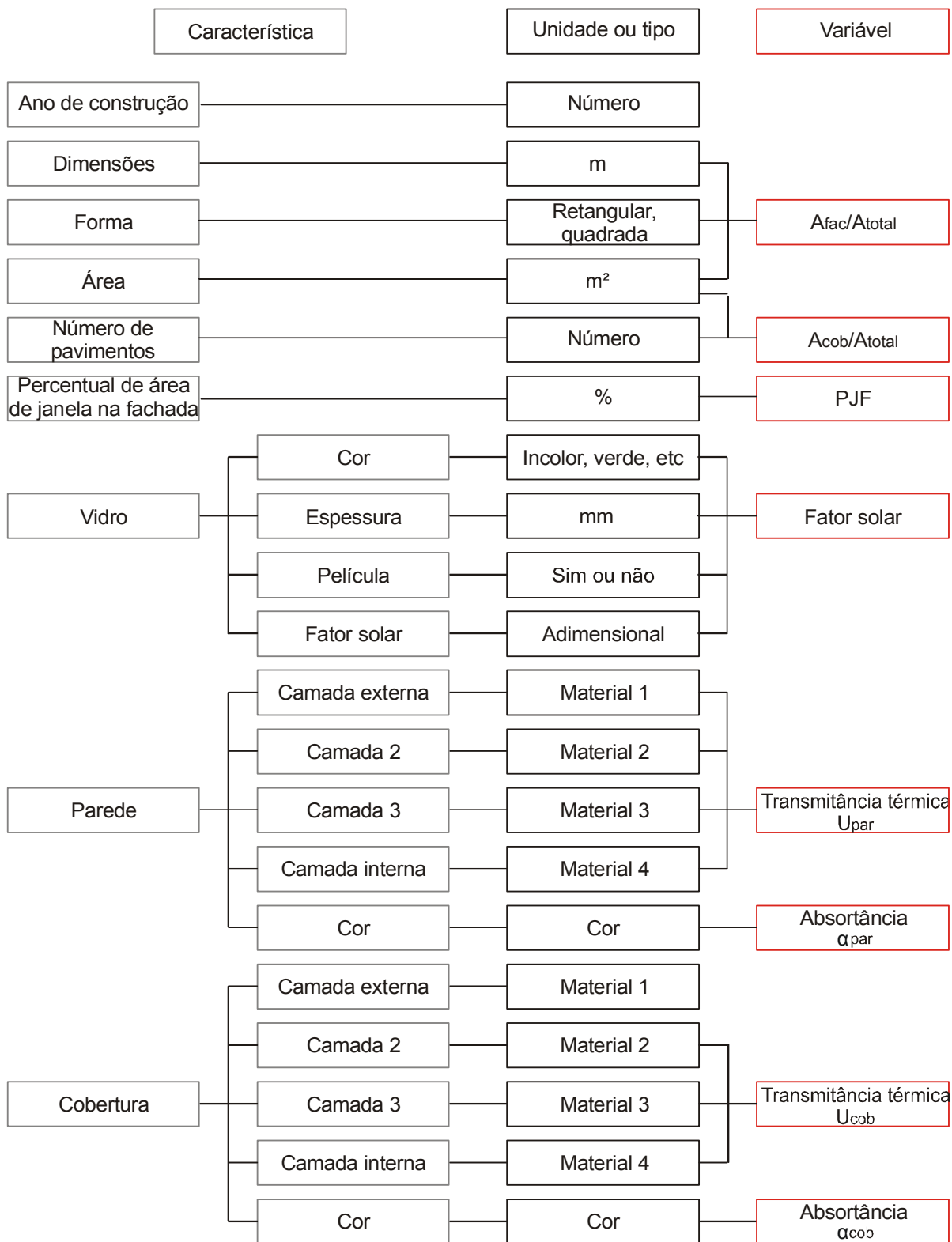


Fig. 3.1: Diagrama das características obtidas no levantamento.

Detalhes construtivos como tipos de coberturas, lajes, paredes, assim como seus materiais e espessuras não foram encontrados na íntegra nos projetos dos arquivos da SUSP. Portanto, houve a necessidade de se buscar estas informações através de entrevistas com os engenheiros e arquitetos responsáveis pelas obras.

Pela dificuldade de contato com profissionais por diversos motivos, são apresentados os detalhes construtivos analisados de 14 edifícios dos quais foi possível o processamento de dados como: tipo de cobertura, tipo de laje, tipo de paredes.

3.2.3 Orientação solar dos edifícios

A posição dos edifícios foi determinada através das orientações solares de suas quatro fachadas principais.

Os dados de orientação solar indicados pelos projetos da SUSP não eram confiáveis, portanto foram conferidos. Com uma bússola, obteve-se o norte magnético dos edifícios e, para se obter o norte verdadeiro, utilizou-se o programa computacional Declinação Magnética 2.0, disponível no *site* www.labee.ufsc.br, do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE).

Para definir a orientação das fachadas foi determinado, para cada ponto cardeal, um limite de abrangência de $22,5^\circ$ no sentido horário e anti-horário, como mostra o exemplo de uma fachada orientada a sul na Fig. 3.2.

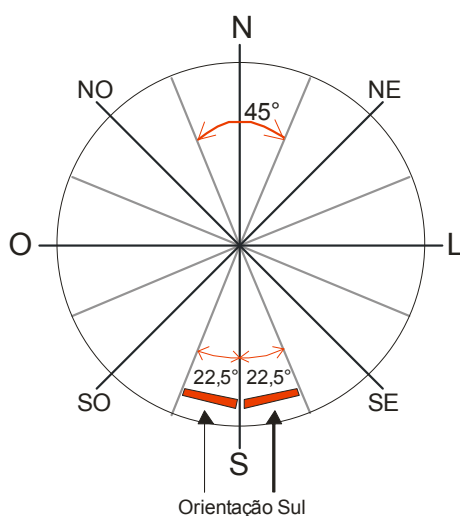


Fig. 3.2: Limite de abrangência para cada orientação solar.

3.2.4 Determinação da forma

Com relação à forma, as edificações foram classificadas em retangulares, quadradas e triangulares, através da aproximação do formato das plantas dos edifícios com as geometrias citadas. Por exemplo, um edifício que possui três fachadas será considerado com formato triangular, ou mesmo um edifício com quatro fachadas que estejam dispostas de forma que a planta aparente um triângulo, também será considerado triangular.

3.2.5 Elementos de proteção solar

Os elementos da fachada dos edifícios que funcionam como elementos de sombreamento das aberturas, ou partes desta, foram considerados para este estudo e denominados como elementos de proteção solar. No entanto, não se verificou a adequação e a eficiência desses elementos. Através do registro fotográfico foi possível diagnosticar entre os elementos de proteção solar, os brises e os edifícios que possuíam suportes contínuos para ar condicionado.

3.2.6 Levantamento das cores externas

A análise das cores dos edifícios de escritório foi feita a partir de medições de refletâncias das fachadas externas. As medições foram realizadas com o uso do aparelho ALTA II (Fig. 3.3). Os resultados foram obtidos através da comparação com a medição em um papel branco (Fig. 3.4). O ALTA II possui 11 faixas de cores: azul, ciano, verde, amarelo, laranja, vermelho, infravermelho, infravermelho 1, infravermelho 2, infravermelho 3 e infravermelho 4.

Para o início de uma medição, o ALTA II registra um primeiro valor que deve ser subtraído dos valores encontrados pelas 11 faixas de cores. Logo, deve-se repetir o mesmo procedimento no papel branco, cuja refletância adotada foi de 90%.



Fig. 3.3: Aparelho de medição de refletância - ALTA II



Fig. 3.4: Medição em papel branco.

A Eq. (3.1) expressa o método utilizado para se obter a percentagem de refletância de cada faixa de cor onde são comparados os valores obtidos das faixas de cores das fachadas com o valor obtido do papel branco. Assim, a refletância total da cor representa a média das refletâncias das 11 faixas de cores.

$$\rho_{cor} = \frac{(\rho_{branco} \cdot V_{cor})}{V_{branco}} \quad \text{Eq.(3.1)}$$

Onde:

ρ_{cor} = refletância da cor qualquer (%);

ρ_{branco} = refletância da cor branca (%);

V_{cor} = valor obtido da medição da cor qualquer (adimensional);

V_{branco} = valor obtido da medição da cor branca (adimensional).

No entanto, para se tornar um indicador para a simulação, adota-se a absortância. A Eq. (3.2) expressa como foi obtida a absortância a partir da refletância.

$$\alpha = 100 - \rho \quad \text{Eq.(3.2)}$$

Onde:

α = absortância da cor (%);

ρ = refletância da cor (%).

3.2.7 Levantamento das atividades profissionais

O levantamento das atividades profissionais se tornou necessário para poder avaliar o uso de cada escritório. Esse levantamento é necessário para servir como dado de entrada para a realização de simulações termo-energéticas, estreitando o resultado simulado com a realidade.

Foram visitados os trinta e cinco edifícios selecionados e através do mural da recepção e de entrevistas com funcionários foi possível obter as atividades dos edifícios de escritório. Quando o mural de atividades não continha informações suficientes, outro tipo de contato foi realizado, através de sites de busca, de telefone ou quando era autorizado, do acesso aos escritórios.

As atividades da mesma modalidade, como os tipos de engenharia, foram agrupadas como pertencentes a uma mesma modalidade; o mesmo ocorreu com as assessorias, associações e consultorias. Foram consideradas as atividades cuja representação foi superior a 1% do total de atividades apresentadas nos edifícios de escritório. Algumas atividades cuja representação foi inferior a 1%, foram incluídas na pesquisa, pois são consideradas importantes no mercado de trabalho de Florianópolis. Para esse caso, foram inseridas as atividades de comunicação, construção civil, turismo e laboratórios.

3.2.8 Levantamento do padrão de ocupação

Para o levantamento do padrão de ocupação dos edifícios de escritório, foi elaborada uma planilha, apresentada no Apêndice 2. Dessa forma, pôde-se registrar e organizar os dados obtidos das visitas em escritórios.

Como critério do levantamento, estipulou-se que teriam ênfase aqueles escritórios cujas atividades representassem um percentual superior a 1% do total de atividades registradas dos edifícios visitados. Exceto as atividades que foram consideradas importantes, mesmo representando um percentual inferior a 1%.

A partir do critério descrito acima, iniciaram-se as visitas de acordo com a representação de atividades. Não foi visitado o total da amostra de edifícios, pois alguns edifícios têm normas que não autorizaram a entrada para esse tipo de pesquisa. Na recepção de cada edifício puderam-se identificar aquelas salas que

seriam de fácil acesso e maior disponibilidade dos usuários em responder ao levantamento.

Através do levantamento, foram obtidos os dados de funcionamento do escritório com quantidade de horas de permanência por dia dos usuários, o número de usuários e os dias de funcionamento. A Eq. (3.3) expressa o cálculo do padrão de ocupação. Ver padrão das equações anteriores.

$$O = \left(\frac{N}{M} \right) \cdot T \cdot 100 \quad \text{Eq.(3.3)}$$

Onde:

O = padrão de ocupação para cada hora do dia (%);

N = número de usuários do escritório na hora analisada (pessoas);

M = total de usuários do escritório (pessoas);

T = período de permanência dos usuários do escritório (fração de hora).

3.2.9 Levantamento do uso de equipamentos

Assim como o levantamento de padrão de ocupação, o levantamento de uso de equipamentos também é necessário para servir como dado de entrada para a realização de simulações termo-energéticas.

Para se obter o padrão de uso de equipamentos para diferentes tipos de atividades, foi levantada a utilização de cada equipamento presente no escritório visitado. A planilha utilizada para o levantamento se encontra no Apêndice 2. Através da Eq. (3.4), foi calculado o padrão de uso dos equipamentos em um dia.

$$E = T \cdot 100 \quad \text{Eq.(3.4)}$$

Onde:

E = padrão de uso do equipamento para cada hora do dia (%);

T = período de utilização do equipamento no escritório (fração de hora).

As características levantadas para padrão de ocupação e uso de equipamentos estão mostradas na Fig. 3.5, sendo que os quadros em cinza e em preto mostram a lista dos itens na forma em que foram adquiridos. Em seqüência, os dados dos quadros vermelhos da Fig. 3.5 foram generalizados ao serem transformados em indicadores para a simulação.

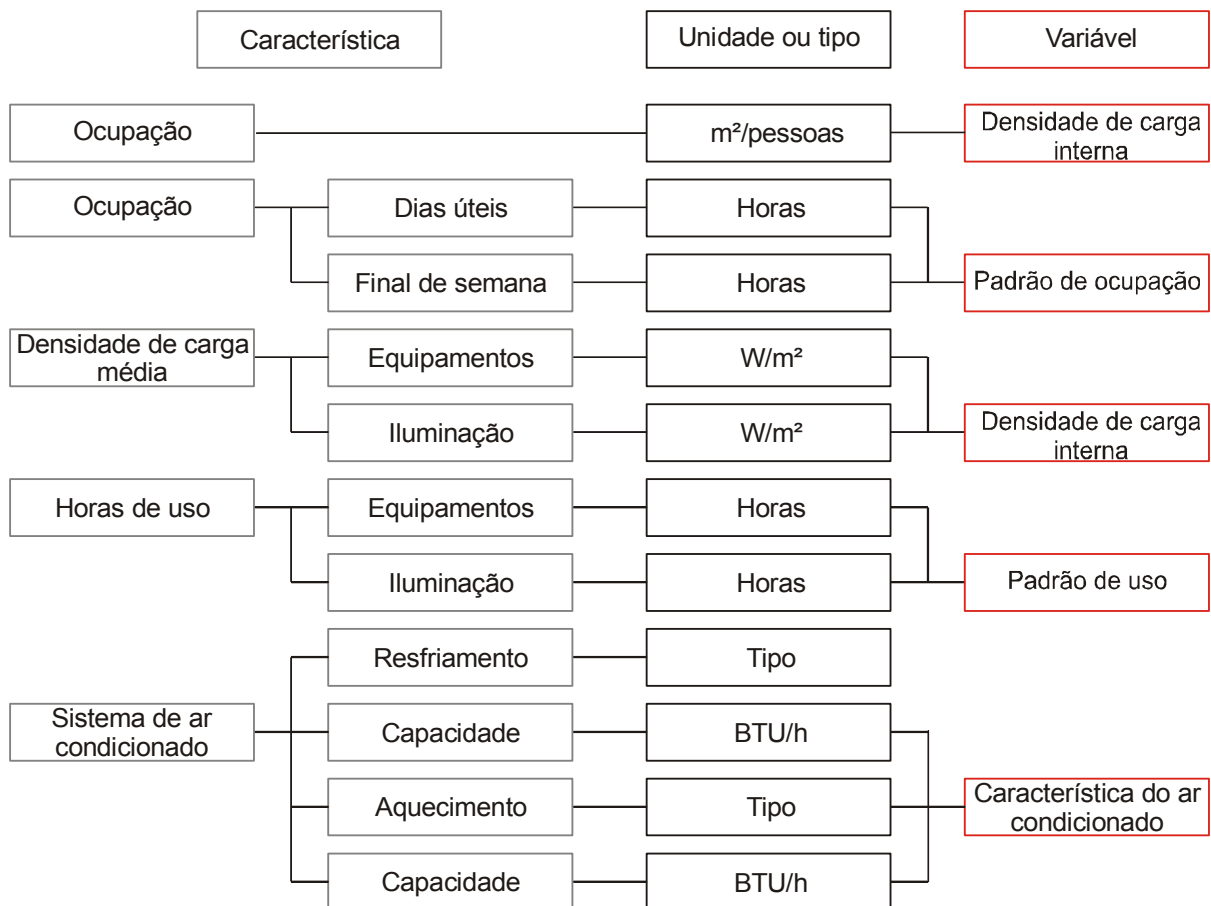


Fig. 3.5: Lista de características registradas no levantamento da ocupação e do uso de equipamentos.

Com isso, foram registrados os horários de entrada e saída de cada funcionário de 41 escritórios, bem como os horários em que os equipamentos elétricos eram ligados e desligados.

Obtidos os resultados, tornam-se conhecidos a ocupação do escritório e o uso dos equipamentos tanto nos dias úteis como nos finais de semana e feriados.

3.2.10 Monitoramento dos equipamentos

O monitoramento da potência instalada dos equipamentos servirá como dado de entrada para a realização das simulações.

Para determinar a potência instalada em equipamentos, monitoramentos foram realizados utilizando-se um medidor de consumo portátil (Fig. 3.6). A planilha utilizada para esse levantamento encontra-se no Apêndice 2.



Fig. 3.6: Medidor de consumo portátil – MCP5000

O equipamento disponível para esse monitoramento é o Yokogawa – MCP 5000. Este tem a finalidade de medir o consumo (kWh), a tensão (V), a potência (kW) de cada equipamento em um determinado período de tempo estipulado pelo usuário. A Tabela 3.1 apresenta os equipamentos comuns em salas de edifícios de escritório e o período adotado para o monitoramento do equipamento.

Tabela 3.1: Equipamentos e período de monitoramento.

Equipamento	Tempo de monitoramento	Equipamento	Tempo de monitoramento
Aparelho de som	1 a 3 horas	Filtro elétrico de água	24 horas
Aparelho de ar condicionado	—	Impressora	1 a 3 horas
Cafeteira	Tempo de utilização	Refrigeradores	24 horas
Computador	Tempo de utilização	Lâmpadas	—
Fax	Tempo de utilização		

Para as lâmpadas incandescentes e fluorescentes compactas foi adotada a potência nominal e para as lâmpadas fluorescentes tubulares foi adotada a potência

nominal mais 20% da perda pelos reatores (PROCEL, 2003). Na impossibilidade de medir algum equipamento, foi adotada a potência nominal da tabela de eficiência energética do *site* do INMETRO, como foi o caso dos aparelhos de ar condicionado.

Do resultado da razão do consumo (kWh) pelo período de medição (h), obteve-se a potência média (kW) dos equipamentos. Conhecendo-se a potência média dos equipamentos do escritório, dividi-se o valor do somatório das potências pela área do escritório. Dessa forma, adota-se esse dado será como indicador para simulação que representa a densidade de carga interna.

Para essa etapa da pesquisa, houve uma grande dificuldade de acesso aos escritórios. Dessa forma, foram monitorados dois escritórios de advocacia.

3.3 Definição da tipologia predominante

Para a definição da tipologia predominante que represente a amostra de edifícios de escritórios, foram utilizados dados baseados no levantamento fotográfico, nos levantamentos *in loco* e nos levantamentos obtidos da SUSP.

O edifício modelado como tipologia predominante contém as características mais representativas obtidas na etapa de processamento dos levantamentos de dados.

A tipologia predominante foi definida como caso base das simulações termo-energéticas. A partir do caso base, modificaram-se determinados parâmetros para avaliar a sua influência no consumo de energia em edifícios de escritório e assim, podendo determinar os mais adequados ao clima de Florianópolis.

O conjunto de indicadores que pôde ser obtido dos levantamentos é composto por: número de pavimentos, forma dos edifícios, proporção dos edifícios, orientação das fachadas, elementos de proteção solar, detalhes construtivos, percentual de área de janela na fachada, padrão de ocupação, padrão de uso de equipamentos e, densidade de carga interna. Para o caso base e para suas respectivas variações, o elevador e outros equipamentos como moto-bomba, foram desconsiderados. O método como foi analisado cada indicador, está descrito nos tópicos a seguir.

3.3.1 Número de pavimentos

Foi realizado o levantamento dos edifícios de escritório que possuem no mínimo 5 pavimentos. Definida a amostra, foi analisada a frequência de ocorrência de pavimentos e de pavimentos tipo. Para esse trabalho, o foco de interesse é o número de pavimentos tipo.

3.3.2 Forma dos edifícios

Foi analisada a incidência das formas encontradas na amostra de edifícios de escritório. A forma que obteve maior ocorrência foi adquirida para o modelo da tipologia predominante.

3.3.3 Proporção dos edifícios

O levantamento de dados realizado na SUSP, forneceu dados de medidas das edificações. Assim, tornou-se conhecida a área de cada edificação, bem como as áreas de cada pavimento e as áreas dos escritórios. Portanto, induzindo à proporção do edifício.

Foi analisada a frequência de ocorrência das proporções dos edifícios da forma mais encontrada na amostra. A partir da proporção que representou a amostra juntamente com a área da edificação, foram definidas as dimensões de largura e a profundidade.

3.3.4 Orientação das fachadas

A orientação das fachadas foi obtida do levantamento *in loco*. Pôde-se definir a orientação solar da fachada principal e das fachadas laterais do modelo que representasse bem a amostra dos edifícios de escritório. A definição da orientação solar foi realizada a partir da análise de frequência das orientações das fachadas principais e das orientações das fachadas laterais.

3.3.5 Elementos de proteção solar

Para definir se o modelo da tipologia predominante teria algum tipo de elemento de proteção solar, foram diagnosticados, a partir dos registros fotográficos da amostra, os edifícios que possuem ou não esses elementos, sendo esses projetados para proporcionar sombreamento, assim como os apoios contínuos de aparelhos de ar condicionado.

3.3.6 Detalhes construtivos

Conhecidos os materiais que constituem os edifícios, tornam-se conhecidos os indicadores importantes que são utilizados como dado de entrada para simulação. A Fig. 3.7 apresenta os detalhes construtivos com suas respectivas variáveis. O valor de fator solar dos vidros foi calculado a partir de dados dos componentes obtidos de catálogos de fabricantes e da biblioteca de materiais do programa EnergyPlus. As descrições dos tipos de vidros se encontram no capítulo de resultados, ao se tratar da simulação do caso base alterando esses elementos de acordo com o que foi encontrado na amostra de edifícios de escritório. As transmitâncias térmicas das paredes e da cobertura e suas respectivas capacidades térmicas, bem como o fator solar dos vidros foram obtidos do procedimento de cálculo apresentado na ABNT (2005b).

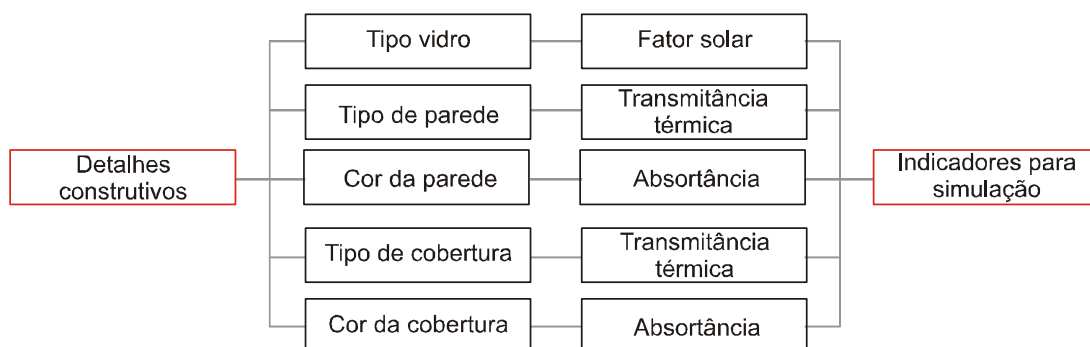


Fig. 3.7: Indicadores obtidos dos levantamentos dos detalhes construtivos.

3.3.7 Percentual de área de janela na fachada – PJF

Foram levantados os PJFs por faixas de percentagem, de 0 a 10%, de 10,1% a 20% e assim sucessivamente. Estes costumam ser diferenciados para cada fachada da edificação, o que induz ao uso de dois ou três PJFs diferentes na simulação. Para a tipologia predominante, três testes para definição dos PJFs com suas respectivas orientações foram realizados e apresentados a seguir:

- *Teste por frequência:* a frequência de ocorrências dos PJFs foi analisada conjuntamente, apenas diferenciando as fachadas principais das fachadas laterais, independente das orientações.
- *Teste por média aritmética:* os PJFs foram obtidos das médias aritméticas das fachadas principais e das fachadas laterais. Realizou-se uma análise de valores espúrios para os valores suspeitos com 5% de significância. A Eq. (3.5) expressa o método de verificação dos valores espúrios. Se o resultado obtido da equação for maior do que o fornecido pela *tabela de valores extremos* (BUSSAD e MORETTIN, 2004), é considerado espúrio e deve ser desconsiderado da análise.

$$ri = \left| \frac{N - N_{\text{médio}}}{S} \right| \quad \text{Eq.(3.5)}$$

Onde:

ri = valor do resíduo;

N = valor suspeito da amostra;

$N_{\text{médio}}$ = média dos valores da amostra;

S = desvio padrão dos valores da amostra.

- *Teste por orientação:* os PJFs foram obtidos a partir da análise de incidência de orientação solar da fachada principal. Dessa forma, adotou-se a que possuiu maior frequência. Logo, com a orientação solar escolhida, fez-se a média aritmética de todos os PJFs pertencentes àquela orientação da fachada principal. Para as fachadas laterais, descartaram-se todas as fachadas principais de qualquer orientação solar, fazendo então, uma média dos PJFs para cada uma das outras três orientações solares restantes. A Fig. 3.8 apresenta o diagrama do processo do *teste por orientação*.

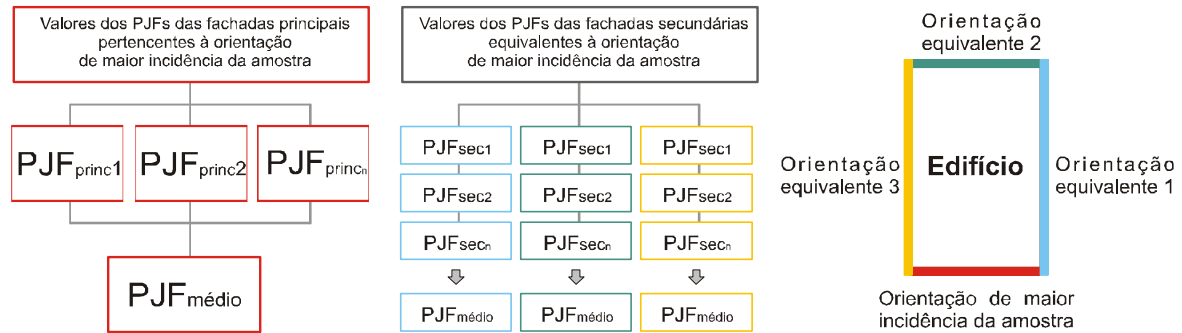


Fig. 3.8: Processo do teste por orientação.

3.3.8 Padrão de ocupação dos edifícios

O padrão de ocupação foi obtido através do levantamento *in loco*. A partir da análise dos dados de entrada e saída dos funcionários dos escritórios visitados, obteve-se a ocupação média.

Para a ocupação do edifício predominante, foi considerada a média do número de usuários dos escritórios levantados, independente da atividade profissional. O horário de funcionamento foi analisado pela frequência de respostas.

3.3.9 Padrão de uso dos equipamentos

O padrão de uso e o monitoramento de equipamentos, também obtido através do levantamento *in loco*, forneceram dados de tempo de utilização dos equipamentos e da iluminação. Assim, obteve-se a média do funcionamento dos equipamentos dos escritórios. Para esse trabalho, os equipamentos foram agrupados com a finalidade de simplificar a modelagem do caso base. Na pesquisa de Moreira (2005), a metodologia utilizada e os resultados do padrão de uso dos equipamentos estão dispostos individualmente.

3.3.10 Densidade de carga interna

Como essa etapa de levantamento de dados no interior das edificações foi extremamente restrita, dificultada por normas rigorosas de acesso a alguns edifícios

ou pela indisponibilidade dos usuários na colaboração com a pesquisa, os dados de densidade de carga interna foram adotados da pesquisa *in loco* e comparados com valores utilizados em trabalhos similares.

O total de carga interna, dado em W/m^2 , obtido dos levantamentos *in loco* e dos monitoramentos dos equipamentos é resultado da quantidade de potência de iluminação (W/m^2), da densidade de carga de equipamentos (W/m^2) e da quantidade de pessoas (pessoas/ m^2). Para pessoas, é considerada a taxa metabólica de acordo com a atividade desempenhada. No caso desse estudo a atividade metabólica exercida é a de escritório, portando, atividade leve manual que se realiza sentada. O valor a ser adotado para essa atividade é o de taxa metabólica média equivalente a $70W/m^2$, de acordo com a Tabela 1 da ISO 7730/94.

3.4 Simulações termo-energéticas

Para o presente trabalho, as simulações computacionais foram utilizadas para a avaliação da influência dos parâmetros construtivos na eficiência de edifícios de escritório da cidade de Florianópolis.

O programa utilizado foi o EnergyPlus. Para os dados de entrada no programa de simulação, foram utilizados os levantamentos de caracterização construtiva, bem como a caracterização de uso e ocupação. Essas variáveis têm grande importância na resposta do consumo do edifício.

Para as simulações, arquivos climáticos com dados horários são necessários. Neste trabalho, foram utilizados dados climáticos para Florianópolis desenvolvidos no estudo de Goulart (1993), revistos, tratados e compilados com estimativa de dados de radiação solar no estudo de Carlo (2005), além de outros formatos que foram criados, como o formato com extensão epw para simulação no programa EnergyPlus (CARLO, 2005).

3.4.1 Treinamento no programa de simulação EnergyPlus: método BESTEST

Por ser um programa de caráter multidisciplinar, o EnergyPlus exige dedicação do usuário para o estudo de seus manuais e material correlato.

Para o treinamento de utilização do programa EnergyPlus, dois casos da ASHRAE *Standard* 140 (ASHRAE, 2001) foram modelados, paralelamente ao estudo do manual do programa.

A ASHRAE *Standard* 140 adota um método BESTEST para executar a validação comparativa de programas de simulação do desempenho térmico de edificações. O método descreve mais de 40 casos variando determinadas características de um modelo para outro. Os casos testam a capacidade dos programas na simulação do comportamento térmico da edificação frente à radiação solar, fluxo de calor pelo piso, infiltração de ar, temperatura de controle do sistema de condicionamento de ar, etc.

Os resultados obtidos com as simulações durante o treinamento foram comparados aos valores listados na ASHRAE *Standard* 140. Foram simulados o caso 600 e o caso 600FF. A descrição destes casos é apresentada a seguir.

3.4.1.1 Caso 600

O modelo geométrico do Caso 600 é uma zona térmica em formato retangular, de 8m de largura, 6m de profundidade e pé direito de 2,7m. Possui área de 12m² de janela na fachada sul dividida em duas janelas de dimensões iguais, conforme a representação da Fig. 3.9. Algumas características dos componentes construtivos do modelo estão apresentadas na Tabela 3.2.

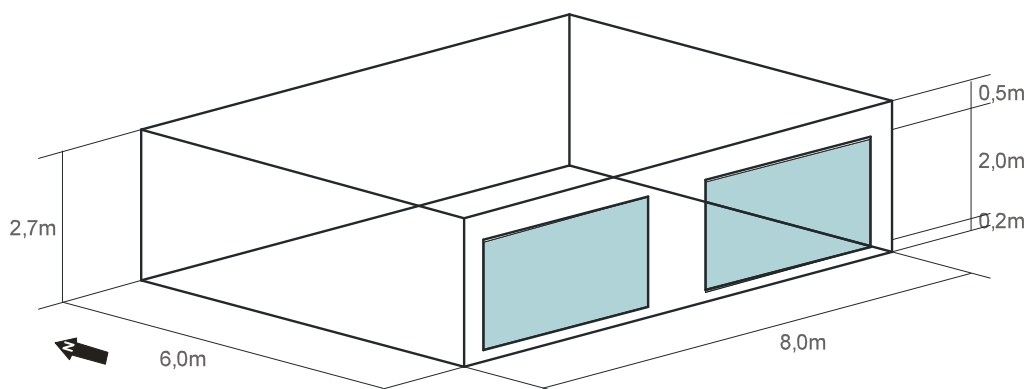


Fig. 3.9: Dimensões do Caso 600. Fonte: ASHRAE, 2001.

Tabela 3.2. Características do Caso 600

Elementos	Rugosidade	Espessura (cm)	Condutividade (W/m.K)	Densidade (kg/m ³)	Calor específico (J/kg.K)
Paredes					
Plasterboard*	rugoso	1,2	0,16	950	840
Fiberglass quilt	rugoso	6,6	0,04	12	840
WoodSiding	rugoso	0,9	0,14	530	900
Cobertura					
Plasterboard	rugoso	1,0	0,16	950	840
Fiberglass quilt	rugoso	11,18	0,04	12	840
WoodSiding	rugoso	1,9	0,14	530	900
Piso					
Timber	rugoso	2,5	0,14	650	1200
Timber	liso	10,30	0,04	-	-

* Os termos em inglês foram mantidos para evitar erro de interpretação.

O clima utilizado nas simulações é o da cidade de Denver, Colorado. O arquivo climático correspondente, em formato TMY, é fornecido em anexo à norma ASHRAE *Standard* 140. O Caso 600 possui uma taxa constante de infiltração de 0,5 trocas de ar por hora (0,018m³/s) e carga interna de 200W, sendo 60% carga radiante e 40% carga convectiva. O sistema de condicionamento de ar é modelado como um sistema ideal, com 100% de eficiência, e temperaturas de controle de 20°C para acionamento do sistema de aquecimento e 27°C para o sistema de resfriamento. A descrição detalhada do modelo é apresentada na ASHRAE (2001).

A análise dos dados de saída envolve os valores de carga anual de aquecimento (MWh), carga anual de resfriamento (MWh), pico de carga de aquecimento (kW) e pico de carga de resfriamento (kW), identificando os dias de pico.

3.4.1.2 Caso 600 FF (*Free Floting*)

O Caso 600FF possui as mesmas características do Caso 600, porém não possui um sistema de condicionamento de ar – *Free Floting*. Nesse caso, a temperatura interna do modelo varia com os fluxos de calor.

3.4.2 Simulação da tipologia predominante

As simulações iniciaram-se com o caso base, que neste trabalho é denominado tipologia predominante. A tipologia predominante constitui-se de características construtivas e funcionais de edificações localizadas em Florianópolis e serve como referência para comparações dos resultados das simulações das alterações realizadas.

A descrição das características que compuseram a tipologia predominante faz parte do resultado dos levantamentos descritos na metodologia, portanto, está composta no tópico do capítulo 4 de definição da tipologia predominante.

Como houve uma preocupação com a escolha dos PJFs para a tipologia predominante, foram simuladas outras alternativas descritas nos testes do tópico 3.4, com a finalidade de se conhecer o efeito das alterações de consumo caso as outras opções fossem escolhidas.

Os dados generalizados em indicadores de simulação que modelaram a tipologia predominante estão descritas nos tópicos 3.2.2 e 3.2.9.

3.4.3 Simulação das variações da tipologia predominante

A simulação das alterações da tipologia predominante tem a finalidade de avaliar a influência de parâmetros construtivos no consumo de energia. Diante dos resultados obtidos podem-se estabelecer quais parâmetros são mais adequados para os edifícios de escritório localizados no clima de Florianópolis.

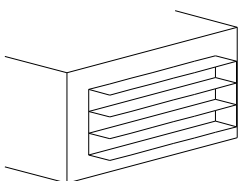
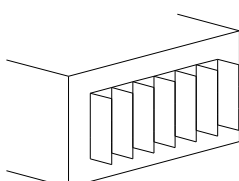
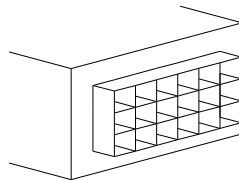
Para compreensão dos resultados das alterações realizadas no caso base deve-se alterar um parâmetro por vez, assim tornando conhecido o efeito de cada alteração. Portanto, para esse estudo, foram avaliadas as alterações de parâmetros individualmente.

Os parâmetros considerados mais importantes estão relacionados a seguir, com suas respectivas variações.

3.4.3.1 Fator de projeção

Para as simulações das variações dos elementos de proteção solar, foram simulados 3 casos com brises (ângulos de 45°). Os brises utilizados na simulação são iguais para as fachadas e dispostos em todas as aberturas da edificação. Foram modeladas placas de 50cm distanciadas verticalmente a cada 50cm. A Tabela 3.3 apresenta os croquis dos casos simulados. As placas foram desenhadas de forma simplificada para a simulação, porém proporcionando o mesmo mascaramento desejado. Com relação ao brises horizontais, ainda foram simulados mais 2 casos variando os ângulos verticais de sombreamento. Foram simulados, os ângulos verticais de sombreamento de 25° e 65°.

Tabela 3.3. Características dos casos relacionados ao fator de projeção.

Caso 1	Caso 2	Caso 3
		
Brise horizontal (AVS45°) Ângulo vertical de sombreamento 45°	Brise vertical (AHS45°) Ângulo horizontal de sombreamento 45°	Brise horizontal e vertical Ângulo vertical e horizontal de sombreamento 45°

3.4.3.2 Entorno

Para a análise das obstruções encontradas no entorno de edificações, foram simulados casos que apresentam 6 situações distintas. Foram consideradas obstruções que representassem edificações construídas respeitando o afastamento disposto pela Lei Complementar nº 1/97 do Código de obras de Florianópolis. A Fig.3.10 apresenta o afastamento adotado pelo Código de Obras de Florianópolis e também considerado para a análise das obstruções do entorno.

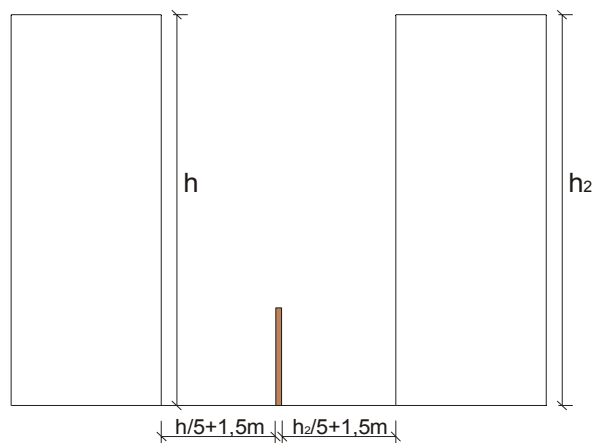


Fig. 3.10: Afastamento adotado pelo Código de Obras de Florianópolis.

A altura considerada para as edificações que constituem o entorno é igual à altura do edifício que representa a tipologia predominante dos edifícios de escritório de Florianópolis. A Fig. 3.11 apresenta os 6 casos simulados para a análise da influência do entorno no consumo de energia do edifício. Os blocos com hachuras representam a tipologia predominante (caso base).

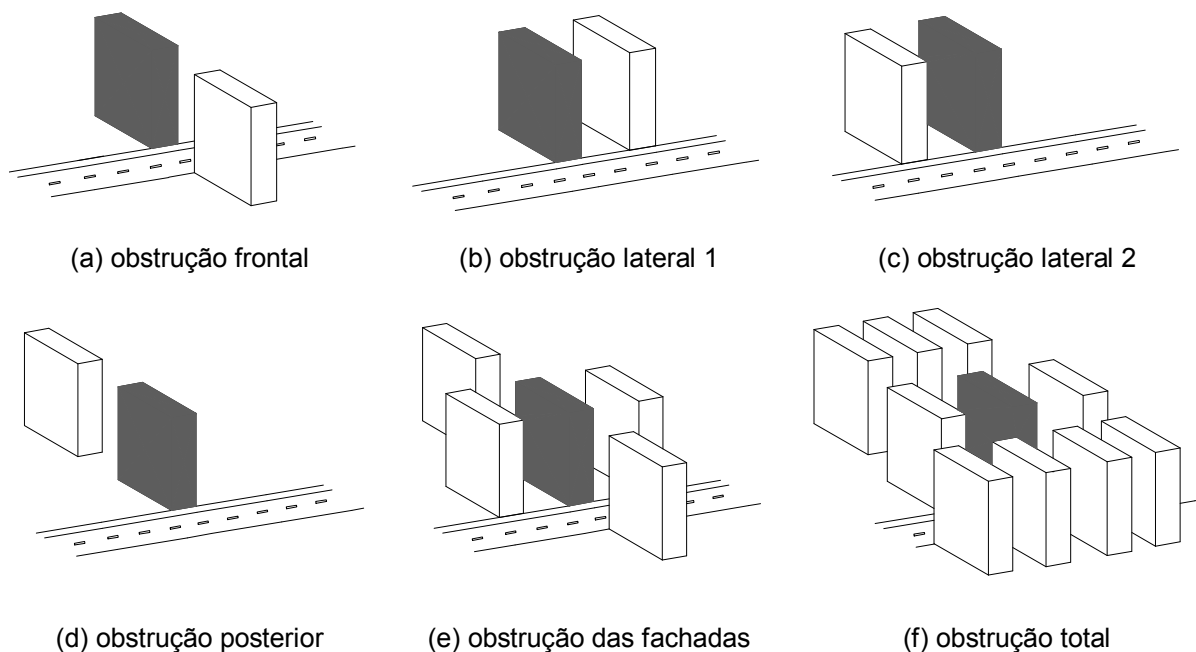


Fig. 3.11: Casos simulados para a análise do entorno.

O programa computacional SOL-AR 5.0.1, disponível no *site* www.labeee.ufsc.br, foi utilizado para se obter os mascaramentos proporcionados pelas obstruções consideradas nos casos simulados. Dessa forma, tornaram-se

conhecidas as horas de sol que incidem no edifício. A Fig. 3.12 apresenta os ângulos α e β considerados para o mascaramento. Observa-se que foram adotados pontos centrais para se obter os ângulos.

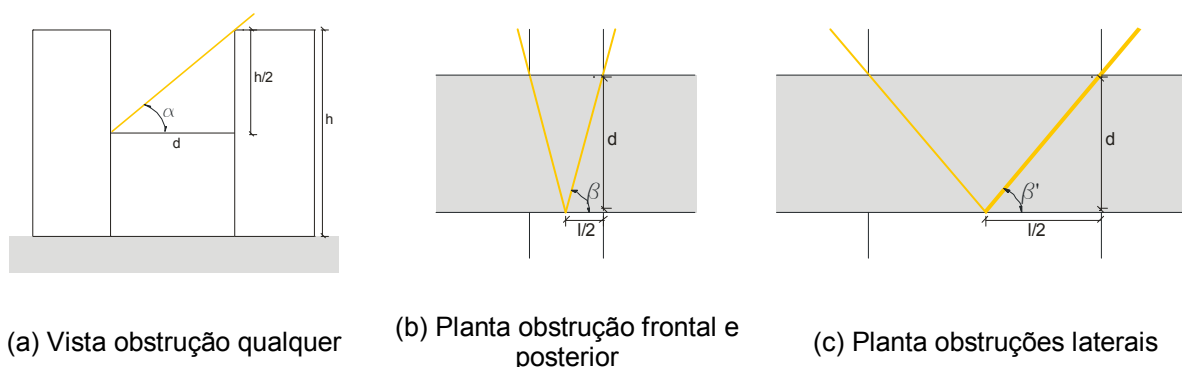


Fig. 3.12: Ângulos α e β considerados para o mascaramento.

3.4.3.3 Coeficiente de sombreamento dos vidros

O coeficiente de sombreamento expressa a porcentagem de radiação solar que passa pelo vidro adotado, comparado ao vidro padrão (lâmina incolor, 3mm, Fator Solar = 87%). A partir do vidro adotado para a tipologia predominante foram avaliados outros vidros encontrados no levantamento construtivo das edificações com seus respectivos fatores solares (FS). Foram simulados 3 casos e comparadas às variações do consumo de energia com relação ao caso base.

3.4.3.4 Percentual de área de janela na fachada

Para a análise do consumo de energia com relação à dimensão das áreas de janela, foram estabelecidas faixas de porcentagem. Foram simulados casos com PJFs iguais para as quatro fachadas, variando de 10%, 20% e assim sucessivamente, totalizando 10 casos.

3.4.3.5 Transmitâncias térmicas

A partir do valor adotado para as transmitâncias térmicas da cobertura e paredes do caso base, foram avaliadas as alterações destas em faixas de percentagem que variam de -50%, -25%, 25% e 50%. Para esses casos, não foram mencionados quais os materiais utilizados, apenas os componentes construtivos desses materiais para as transmitâncias desejadas. As transmitâncias térmicas das paredes e da cobertura foram obtidas do procedimento de cálculo apresentado na ABNT (2005b).

Para a análise desse parâmetro, as capacidades térmicas das paredes e da cobertura, também foram obtidas do procedimento de cálculo apresentado na ABNT (2005b). Procurou-se manter os valores das capacidades térmicas dos materiais próximos dos valores das capacidades térmicas obtidas para os materiais das paredes externas e da cobertura da tipologia predominante, mesmo que para alcançar esses resultados, a composição dos materiais seja fictícia.

Foram simulados 4 casos alterando as transmitâncias térmicas da cobertura e 4 casos alterando as transmitâncias térmicas das paredes externas, totalizando 8 casos para se avaliar a alteração do consumo de energia com relação às transmitâncias térmicas. Com relação à análise da influência da variação da transmitância térmica da cobertura no último pavimento, foi utilizada a carga de resfriamento para este. Logo, para cargas maiores de resfriamento implicam em um consumo maior de energia. Essa análise foi realizada dessa forma, pois o programa de simulação fornece dados médios de consumo de energia por pavimento, já a carga de resfriamento é fornecida correspondente ao pavimento.

3.4.3.6 Absortâncias de radiação solar

Para as simulações dos casos onde foram alteradas as absortâncias das paredes, foram consideradas as cores encontradas no levantamento *in loco*, comparadas ao caso base. Dessa forma, foram simulados 9 casos. Para o caso da cobertura, foi adotada a absortância correspondente a cor do material obtido do levantamento de dados para a tipologia predominante. Para as simulações das alterações, as absortâncias foram adotadas, pois nesse parâmetro, não foram

levantadas as cores encontradas nas coberturas. Foram utilizadas absorptâncias correspondentes a 20%, 40%, 60% e 80% e simulados os 4 casos. A mesma forma utilizada para a análise da variação da transmitância térmica da cobertura no último pavimento, foi realizada para a análise da variação da absorptância da cobertura.

3.4.3.7 Orientação

Para as simulações dos casos das alterações da orientação solar, foram consideradas as quatro orientações principais: norte (0°), sul (180°), leste (90°) e oeste (-90°). A Fig. 3.13 apresenta os casos descritos com as fachadas principais voltadas para as orientações principais para a análise da orientação. Dessa forma, foram simulados 4 casos e comparados seus resultados com o resultado obtido do caso base.

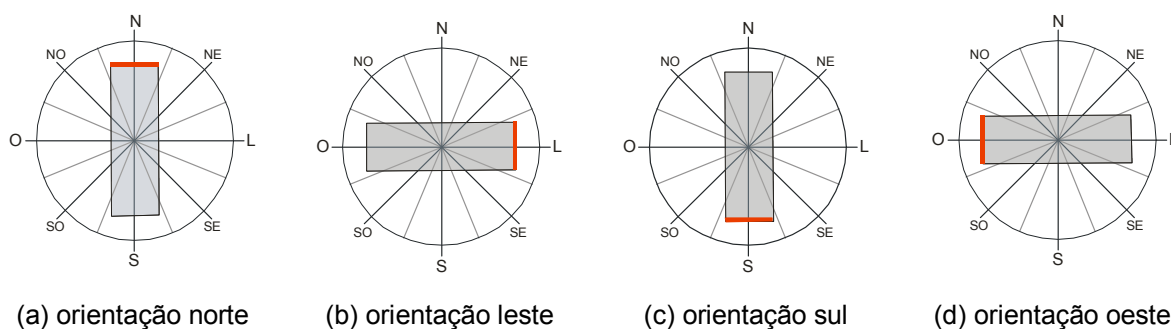


Fig. 3.13: Casos simulados para a análise da orientação.

3.4.3.8 Atividades profissionais

Foi analisada a influência no consumo de energia em um edifício com relação ao padrão de ocupação. Foram simulados 4 casos onde o edifício é constituído por apenas uma atividade profissional. Foram adotadas para essa análise as 4 primeiras atividades mais representativas encontradas no levantamento *in loco*, considerando os padrões de ocupação e uso de equipamentos respectivos de cada atividade obtidos do levantamento. Logo, os resultados dessas simulações foram comparados aos resultados da simulação do caso base em que representa um edifício com padrão médio de ocupação e de uso de equipamentos.

3.4.3.8 Eficiência de aparelhos de ar condicionado

Foram simulados 2 casos alterando os valores do COP (*coefficient of performance*) de resfriamento e aquecimento do ar condicionado (aparelho de janela com etiqueta de eficiência energética do INMETRO). Os valores de COP são índices que o programa EnergyPlus considera para diferenciar a eficiência do aparelho de ar condicionado. O valor de COP para o condicionamento de ar considerado para o caso base foi de $2,8 W_{\text{térmico}}/W_{\text{elétrico}}$ para resfriamento (10,08kJ/Wh), o valor de COP para aquecimento equivale a 75% do valor do COP de resfriamento.

Para as simulações das alternativas de eficiência energética do aparelho de ar condicionado de expansão direta (aparelho de janela), foram considerados dois sistemas: um sistema de ar condicionado eficiente e outro ineficiente. O sistema eficiente possui um valor de COP de $3,15 W_{\text{térmico}}/W_{\text{elétrico}}$ (11,34kJ/Wh), e o sistema ineficiente possui um valor de COP de $1,82 W_{\text{térmico}}/W_{\text{elétrico}}$ (6,55kJ/Wh). A capacidade adotada para o aparelho de ar condicionado é de 12.000BTU/h. De acordo com a faixa de classificação do Programa Brasileiro de Etiquetagem do INMETRO, os sistemas descritos acima correspondem à eficiência A para o caso base; A para o sistema eficiente e; G para o sistema ineficiente.

3.5 Considerações finais

Este capítulo descreve uma metodologia para a análise da influência de parâmetros construtivos no consumo de energia em edifícios de escritório. Os levantamentos de características construtivas e os levantamentos de ocupação e uso de equipamentos consistiram na obtenção de dados para serem generalizados e transformados em indicadores para simulação.

As simulações termo-energéticas totalizaram em 58 casos, sendo que, 4 destes foram da tipologia predominante (caso base) e seus testes de PJF. Os demais casos simulados foram das variações da tipologia predominante.

Em seguida, foi analisado o resultado da simulação termo-energética da tipologia predominante, juntamente com os resultados das simulações das alterações dos parâmetros descritos na metodologia. Estes resultados estão apresentados no capítulo seguinte.

4.1 Introdução

As informações a seguir referem-se aos resultados obtidos neste presente estudo, iniciando-se com a localização e a distribuição dos 35 edifícios de escritório na malha urbana central de Florianópolis. O estudo segue-se com o levantamento da forma, cor das fachadas externas, número de pavimentos, presença de brises, orientação das fachadas principais, definição das áreas de fachada e das áreas de janela. Uma análise em separado foi realizada para 14 edifícios, nos quais foi possível o levantamento de detalhes construtivos mais específicos, tais como tipos de vidros, paredes, coberturas e sistemas de abertura. A totalidade do estudo das tipologias construtivas da cidade de Florianópolis encontra-se em Minku (2005).

Ainda nesse capítulo, apresenta-se parte dos resultados finais obtidos dos levantamentos de padrão de ocupação e de padrão de uso de equipamentos. Os resultados encontram-se de forma integral no estudo de Moreira (2005).

A partir dos levantamentos descritos acima, foi possível associar os dados para a caracterização de um modelo que representa a realidade construtiva do local, denominado tipologia predominante.

Com relação às simulações, este capítulo apresenta os resultados obtidos do treinamento realizado para o programa EnergyPlus. Também, são apresentados os resultados das simulações propostas na metodologia, tais como a simulação da tipologia predominante (caso base) e as simulações das alterações no caso base para a análise do consumo de energia.

4.2 Caracterização da tipologia

4.2.1 Distribuição e número de edifícios de escritório

Foram considerados apenas os edifícios de escritório localizados no centro da cidade de Florianópolis, por ocorrer maior incidência desses nessa região da cidade com relação à distribuição na malha urbana. A Fig. 4.1 apresenta o mapa do Brasil, a localização da cidade de estudo e a distribuição dos 35 edifícios de escritórios privados selecionados na malha urbana, dando destaque ao centro de Florianópolis.

O Apêndice 4 apresenta de forma integral a localização dos edifícios e diversas características que formam uma base de dados para a pesquisa.

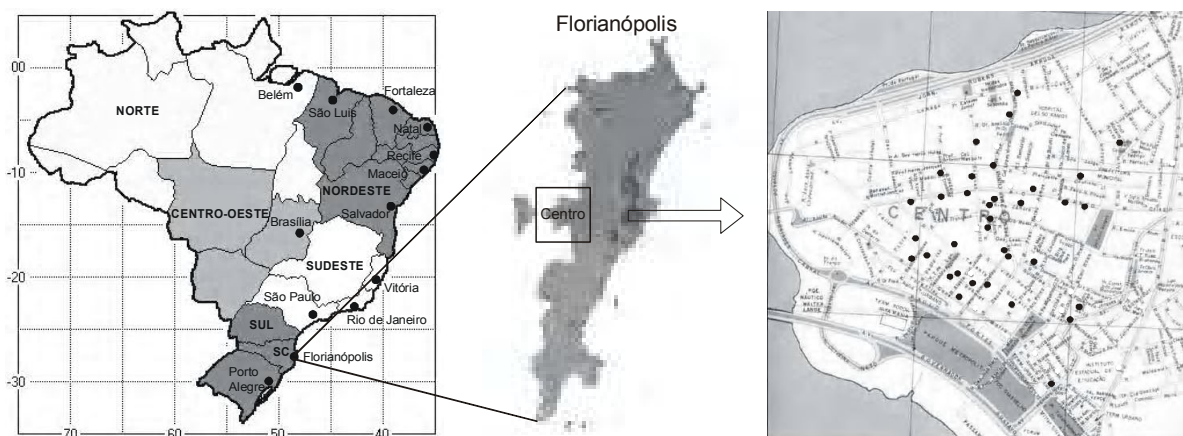


Fig. 4.1: Indicação da distribuição dos edifícios de escritório no centro de Florianópolis.

Através da coleta de informações na SUSP, encontrou-se um total de 35 edifícios com cinco ou mais pavimentos na cidade de Florianópolis. A data de ocupação desses edifícios varia entre 1974 e 2003. A Tabela 4.1 apresenta a variação do ano de ocupação e o número de edifícios que a representa.

Tabela 4.1: Número e variação do ano de ocupação dos edifícios.

Varição de ocupação	Número de edifícios \geq 5 pavimentos
1974 – 1979	8
1980 – 1989	3
1990 – 1999	17
2000 – 2003	7

4.2.2 Número de pavimentos tipo

O número de pavimentos dos edifícios de escritório da amostra varia entre 7 e 17 pavimentos. Para simplificar o estudo desenvolvido nesse trabalho, o foco está na quantidade de pavimentos tipo dos edifícios de escritório. O número de pavimentos tipo varia entre 5 e 12 pavimentos. A Fig. 4.2 apresenta a variação da quantidade de pavimentos tipo da amostra coletada. A maior incidência é de 11 pavimentos tipo, representando 28,6% do total analisado.

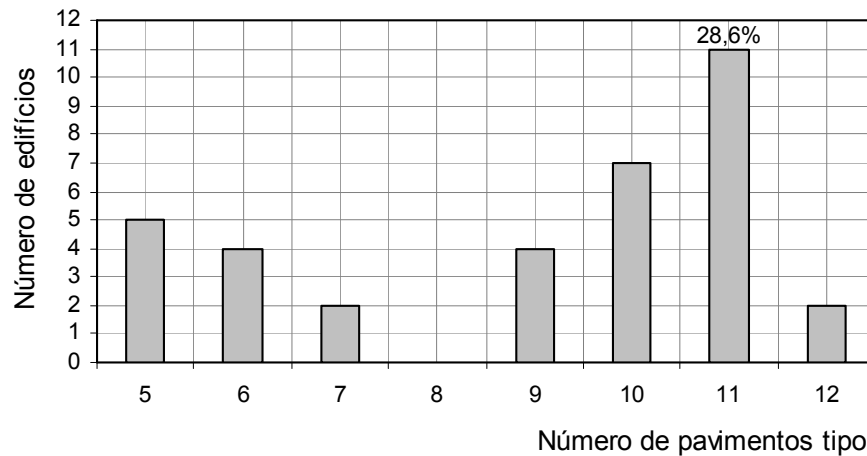


Fig. 4.2: Frequência de ocorrência de pavimentos tipo em edifícios de escritório.

4.2.3 Forma, proporção e área

Com relação à forma dos 35 edifícios de escritório analisados, 22 são retangulares, 8 são quadrados, 3 são triangulares e 2 são irregulares. A Fig. 4.3 apresenta o percentual de formas retangulares, quadradas, triangulares e irregulares juntamente com o número de ocorrência de cada forma.

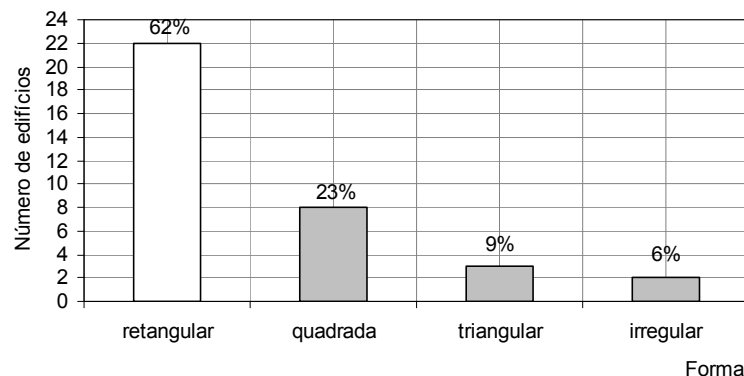


Fig. 4.3: Frequência de ocorrência das formas dos edifícios de escritório.

A Fig. 4.4 apresenta as proporções dos 22 edifícios retangulares existentes na amostra. Observa-se que 90% das edificações retangulares possuem suas profundidades iguais ou superiores ao dobro de suas larguras. A primeira ocorrência na análise das proporções corresponde a 32% das edificações com profundidade igual ao triplo da largura. Em seguida, com profundidade igual ao dobro da largura, corresponde a 23% do total de edifícios retangulares.

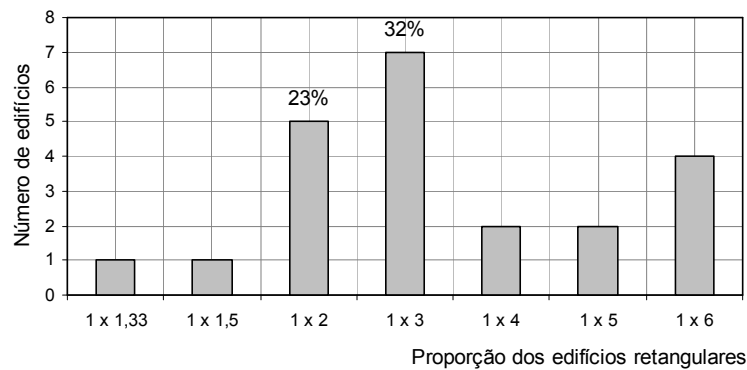


Fig. 4.4: Frequência de ocorrência da proporção dos edifícios retangulares.

A definição das dimensões de profundidade e de largura são parâmetros que colaboraram para a construção do modelo da tipologia predominante dos edifícios analisados. A partir da análise das áreas e das proporções, foram adotadas as dimensões do caso base.

A Tabela 4.2 apresenta a área (m²) dos pavimentos tipo dos 35 edifícios e a quantidade de escritórios por pavimento tipo com suas áreas (m²) correspondentes. A Fig. 4.5 apresenta a frequência do número de escritórios existentes nos pavimentos tipo. Observa-se que 34,2% dos edifícios possuem até 2 escritórios por pavimento. A segunda ocorrência de escritórios por pavimento varia entre 6 e 8, representando 25,7% da amostra. Com relação ao pé direito dos escritórios, foi realizada uma média aritmética dos valores encontrados no levantamento. Assim, obteve-se um valor de 2,7m.

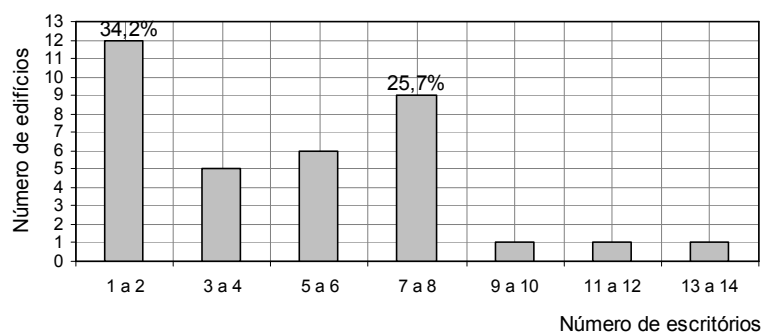


Fig. 4.5: Frequência de ocorrência de escritórios por pavimento tipo.

Tabela 4.2: Áreas dos pavimentos tipo e dos escritórios.

Edifício	Área (m ²)		Qde de escritório/ pavimento tipo	Edifício	Área (m ²)		Qde de escritório/ pavimento tipo
	Pavimento tipo	Escritório			Pavimento tipo	Escritório	
1	173	72	2	19	376	75	4
2	195	23	6	20	223	30	5
3	234	95	2	21	393	47	6
4	680	45	11	22	221	87	2
5	369	39	8	23	159	115	1
6	442	63	4	24	273	23	8
7	146	32	3	25	296	37	5
8	134	44	2	26	312	43	5
9	344	42	6	27	288	52	4
10	350	272	1	28	442	39	8
11	340	129	2	29	261	23	8
12	419	35	8	30	292	25	8
13	708	36	14	31	297	25	8
14	151	108	1	32	261	111	2
15	434	29	10	33	328	131	2
16	290	24	7	34	280	31	7
17	155	50	2	35	299	122	2
18	199	37	4				

A Fig. 4.6 apresenta a frequência de ocorrência da variação das áreas encontradas de pavimento tipo. A maioria dos edifícios possui área do pavimento tipo igual ou inferior a 500m². A primeira ocorrência que corresponde ao intervalo de área de 100m² a 300m², representa 57% dos edifícios analisados, em seguida, representando 37%, encontra-se o intervalo entre 300,1m² e 500m².

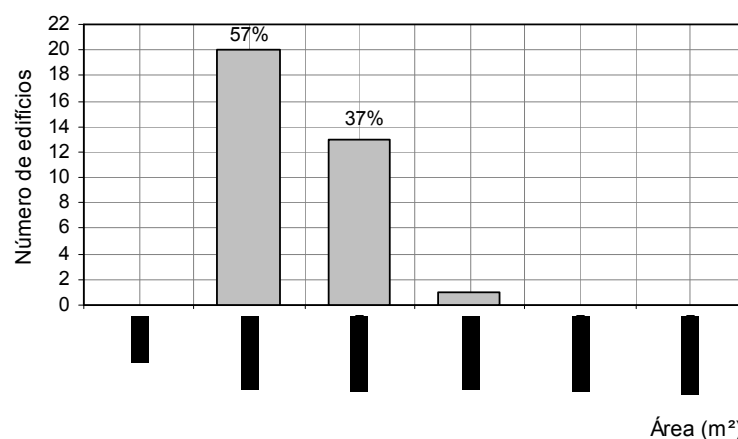


Fig. 4.6: Frequência de ocorrência da área dos pavimentos tipo.

4.2.4 Orientação das fachadas

A Fig. 4.7 apresenta a declinação magnética considerada para a cidade de Florianópolis, a partir do resultado obtido do programa computacional Declinação Magnética 2.0. A declinação magnética considerada foi de $17^{\circ}30'$.

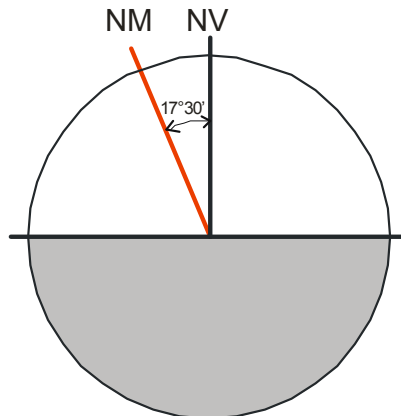


Fig. 4.7: Declinação magnética para Florianópolis.

Com o levantamento das orientações das fachadas dos edifícios de escritório, verificou-se que o número de fachadas voltadas para as orientações principais é próximo ao número de fachadas voltadas para as orientações secundárias.

Da análise da amostra de edifícios, 49% dos edifícios possuíam suas quatro fachadas principais voltadas para as orientações principais e 51% delas estavam voltadas para as orientações secundárias. A Fig. 4.8 apresenta a frequência de ocorrência e a orientação das fachadas principais, com seus respectivos percentuais. Observa-se que a ocorrência de orientações estão bem distribuídas, embora a primeira e a segunda ocorrência se destaquem, apresentando 22% para a orientação nordeste e 17% para a orientação sul, respectivamente. Para essa análise, foram contabilizadas 141 fachadas, sendo que 23% são fachadas principais, isto é, fachadas que se encontravam no alinhamento da rua, e 77% são fachadas secundárias. Nota-se que o número de fachadas principais é superior ao número de edifícios, fato que se explica por existirem edificações localizadas em esquinas, possuindo então, mais de uma fachada principal.

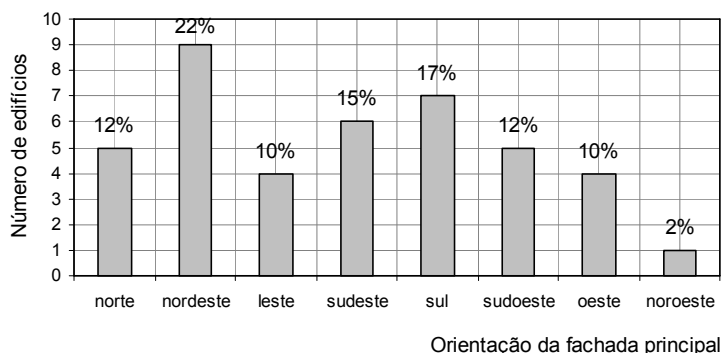


Fig. 4.8: Frequência de ocorrência da orientação da fachada principal.

4.2.5 Orientação e área das aberturas

Através do levantamento dos projetos cedidos pela SUSP, obtiveram-se os percentuais de área de janela por fachada (PJFs). No conjunto dos edifícios de escritório, 67% deles possuíam a maior área de janela situada nas fachadas principais.

A Fig. 4.9 mostra o percentual de área de janela na fachada principal nas edificações amostradas na cidade de Florianópolis. Para essa primeira análise, as fachadas principais e secundárias foram consideradas conjuntamente. É clara a visualização de que a maioria das edificações apresenta um PJF entre 10,1% e 20%. Considerando-se as oito orientações conjuntamente, nota-se que 77% das fachadas apresentam área de janela igual ou inferior a 50%.

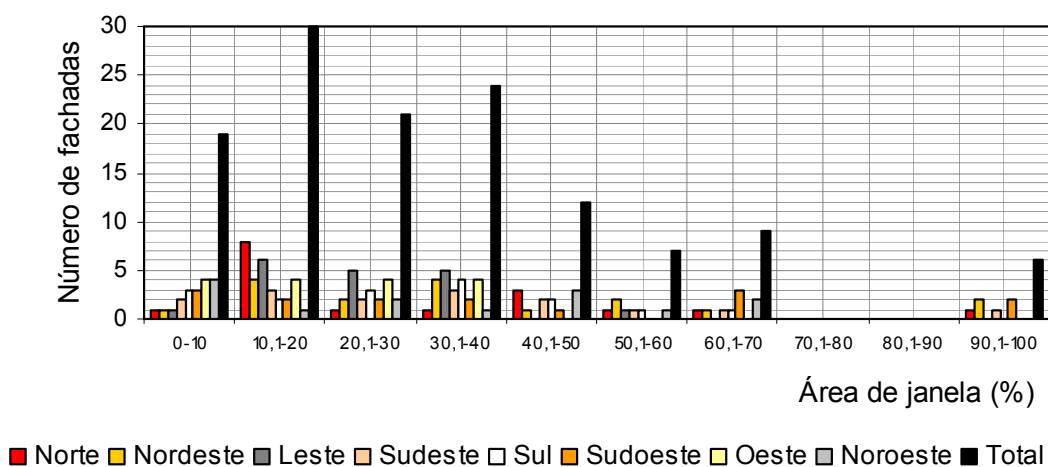


Fig. 4.9: Percentual de área de janela por fachada.

No estudo do percentual de área de janela por fachada principal, nota-se que, dentre as 41 fachadas principais existentes, 66% apresentaram área de janela igual ou inferior a 50%. A Fig. 4.10 apresenta a distribuição das áreas de janelas das fachadas principais com relação à orientação.

O maior número de fachadas principais, 34%, encontra-se com PJF na faixa entre 30,1 e 40%. Em seguida, com o total de 7 fachadas, os PJFs variaram entre 20,1 e 30%. Ainda, muito próximo à segunda ocorrência, nota-se que 15% das fachadas possuem PJFs entre 90,1 e 100%. Dentre essas fachadas com um valor alto de PJF, não existe nenhum tipo de proteção solar.

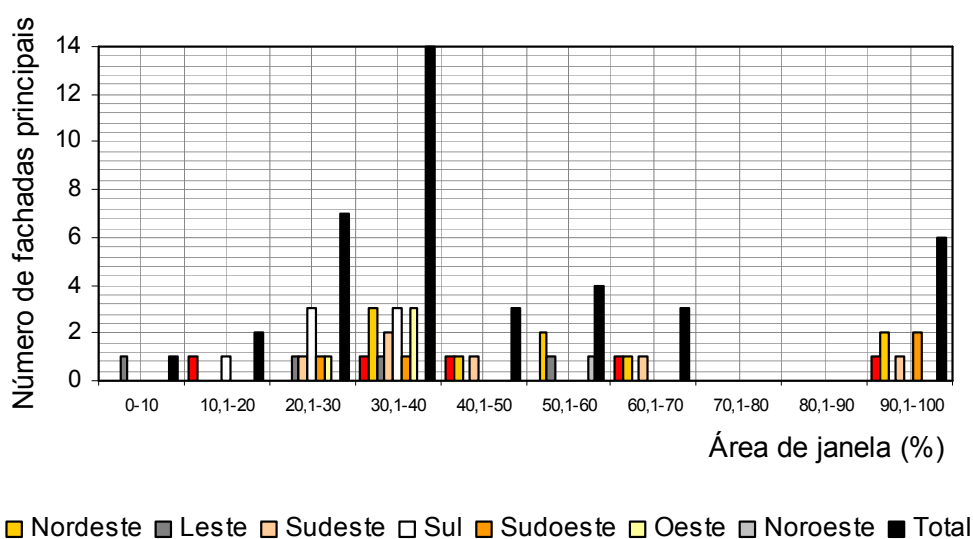


Fig. 4.10: Percentual de área de janela por fachada principal.

No estudo do percentual de área de janela por fachada secundária, nota-se que, dentre as 99 fachadas secundárias existentes, 80% apresentaram área de janela igual ou inferior a 50%. A Fig. 4.11 apresenta a distribuição das áreas de janelas para as oito orientações analisadas.

O maior número de fachadas secundárias, 28%, foram encontradas com PJFs entre 10,1 e 20%. Em seguida, apresentando 18% das fachadas secundárias, os PJFs variaram entre 0 e 10%. Como pode ser observado na Fig. 4.11, não existem fachadas com PJFs superiores a 70%. Outro fato que pode ser observado que independente da orientação, as fachadas principais os maiores PJFs.

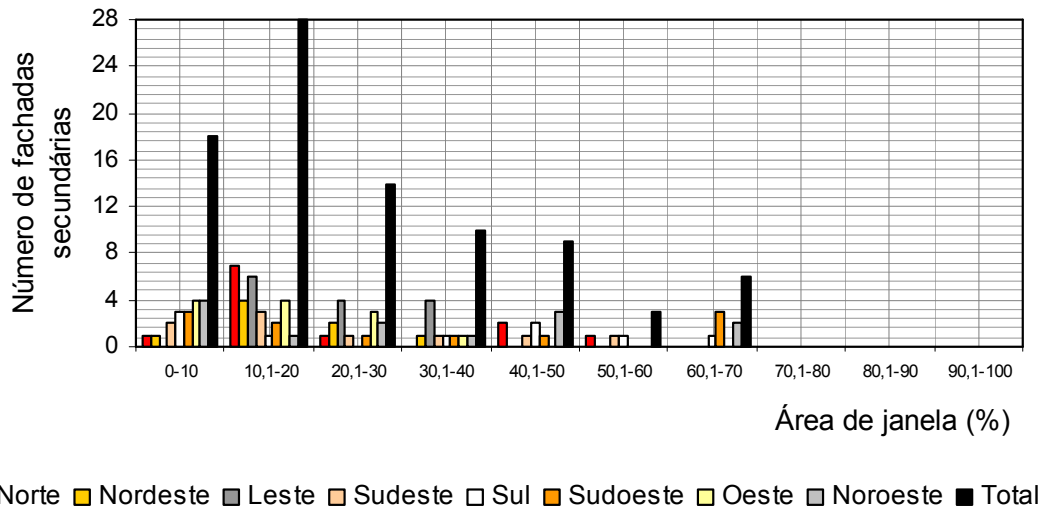


Fig. 4.11: Percentual de área de janela por fachada secundária.

4.2.6 Elementos de proteção solar

Dos edifícios analisados em Florianópolis, apenas 22,8% da amostra possuem algum tipo de proteção solar, sendo que a maioria foi utilizada para fins estéticos. A Fig. 4.12 apresenta um tipo de elemento meramente utilizado para fins estéticos. Outros exemplos de edifícios que possuem algum tipo de elemento aparentemente projetado para proteção solar estão apresentados nas Figs. 4.13 a 4.17.

A Fig. 4.13 apresenta um edifício que possui placas de 60cm de largura, perpendicularmente à fachada, circulando as janelas de todas as fachadas. Sendo assim, este edifício apresenta elementos de proteção solar horizontal e vertical.



Fig. 4.12: Centro Empresarial Barão do Rio Branco

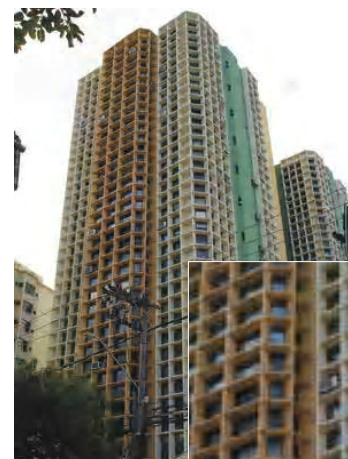


Fig. 4.13: Centro Executivo Maxim's

A Fig. 4.14, apresenta um edifício que possui elementos verticais de proteção solar. Observa-se que na mesma fachada, existem janelas com e sem proteção solar. São placas de 40cm que pouco influenciam no sombreamento caso sejam grandes áreas de janela. Ainda nessa edificação, foram construídos os mesmos elementos de proteção solar em paredes sem janelas, apenas por questões estéticas. Embora existam esses elementos que possuem a função de sombrear, é evidente que não foram projetados para tal fim. A Fig. 4.15 também é mais um exemplo de uma edificação que possui elementos que proporcionam sombreamento, mas não foram construídos para atender essa função.

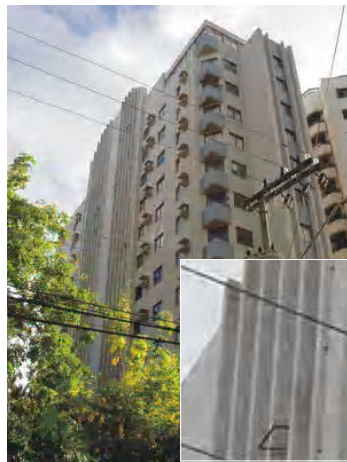


Fig. 4.14: Centro Comercial Saint James



Fig. 4.15: Centro Pedro Xavier

O Edifício Emedaux, Fig. 4.16, possui suportes para os aparelhos de ar condicionado com largura de 40cm nas fachadas norte, sul e leste. A profundidade deste elemento contribui pouco para o sombreamento das janelas, principalmente da leste que é a maior das fachadas e está sob a ação de raios solares indesejáveis. O Centro Executivo Via Venetto, Fig. 4.17, assim como o edifício apresentado na Fig. 4.12, possui brises meramente decorativos. Observa-se no detalhe da Fig. 4.17 que os brises existem em uma pequena parcela da fachada, sombreando somente uma janela por pavimento.



Fig. 4.16 Edifício Emedaux



Fig. 4.17: Centro Executivo Via Venetto

4.2.7 Cores dos edifícios de escritório

A através do levantamento *in loco*, foi possível obter as cores de 32 edifícios de escritório. A Fig. 4.18 demonstra que as cores dos edifícios são variadas, bem como a presença de 2 cores nas fachadas (41% da amostra). Observa-se que em 19 casos encontra-se apenas 1 cor, representando 59% da amostragem.

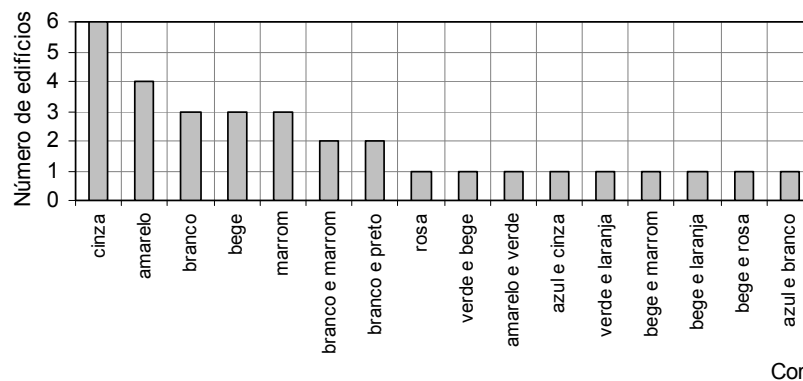


Fig. 4.18: Frequência de ocorrência de cores de 32 edifícios de escritório.

De acordo com o método descrito para a obtenção das refletâncias, foram analisadas todas as faixas de cores dos 32 edifícios. Os valores encontrados estão organizados e apresentados em sua totalidade no estudo de Minku (2005).

A partir do estudo *in loco* verificou-se um total de 42 cores, cujas refletâncias variaram entre 5% e 87%. A ocorrência de mais tonalidades foi a cor branca, apresentando 8 valores, embora os valores de refletância apresentaram-se muito semelhantes, oscilando entre 77% e 87%. A segunda ocorrência de tonalidades foi a

cor cinza, cujas refletâncias variaram de 10% a 50%. A Fig. 4.19 apresenta as variações de 10 cores (e suas tonalidades) com suas respectivas refletâncias. As refletâncias das 11 faixas de cores obtidas do levantamento das cores externas dos edifícios analisados encontram-se no estudo de Minku (2005). Dentre as refletâncias das faixas de cores do equipamento ALTA II, há maiores variações destas quando uma cor possui uma refletância média abaixo de 50% (cores escuras), principalmente entre as faixas azul e infravermelho 4. Já para as cores que refletem entre 80% e 90%, não existe grandes variações entre as 11 faixas de cores.

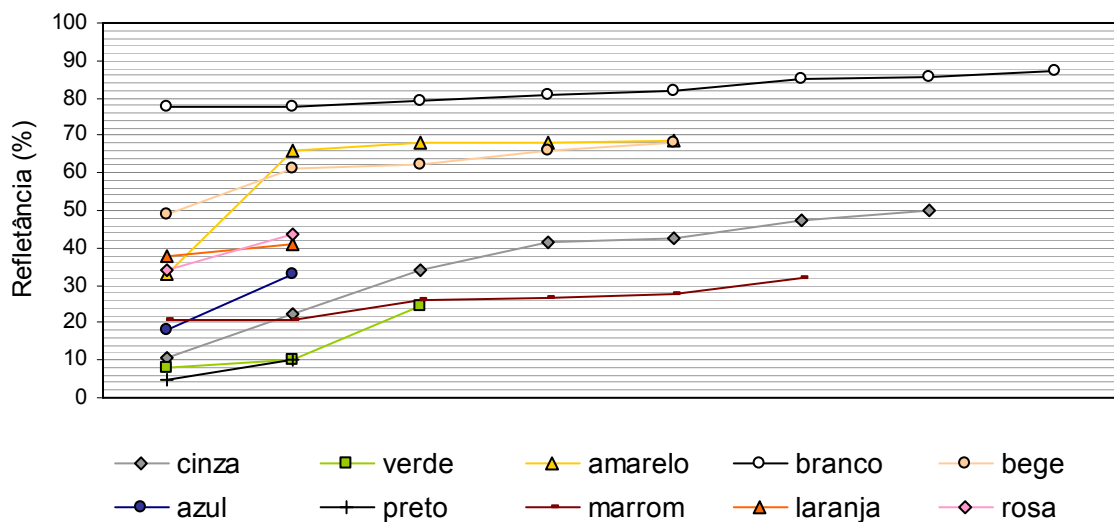


Fig. 4.19: Refletância de 42 cores.

As cores que possuíram maior variação em suas refletâncias, devido às diferenças de tonalidades existentes nas edificações, foram cinza, amarela e bege. O conteúdo da Tabela 4.3 apresenta as maiores e menores refletâncias encontradas, com suas respectivas variações.

Tabela 4.3: Maiores variações de refletâncias das cores dos edifícios de escritório.

	Cinza	Amarela	Bege
Maior refletância (%)	50	69	68
Menor refletância (%)	10	33	49
Variação (%)	40	36	19

As cores encontradas com maior frequência foram cinza e amarela. Observa-se na Fig. 4.20 que a refletância média da cor cinza é 35% onde apresentou uma

variação de 10% a 50%. A cor amarela apresenta uma refletância média de 61%, variando de 33% a 69%.

Para a análise da influência da cor no consumo de energia da edificação, o indicador utilizado para servir com dado de entrada para as simulações termo-energéticas é a absortância. Após a análise da média das refletâncias das cores apresentadas, pôde-se obter a média das absortâncias através da Eq. (3.2).

A Fig. 4.20 apresenta a absortância e a refletância das cores encontradas. Analisando-se a média da absortância das cores de mesma tonalidade, pôde-se observar que, dentre as 10 existentes, 70% apresentaram absortância superior a 50%.

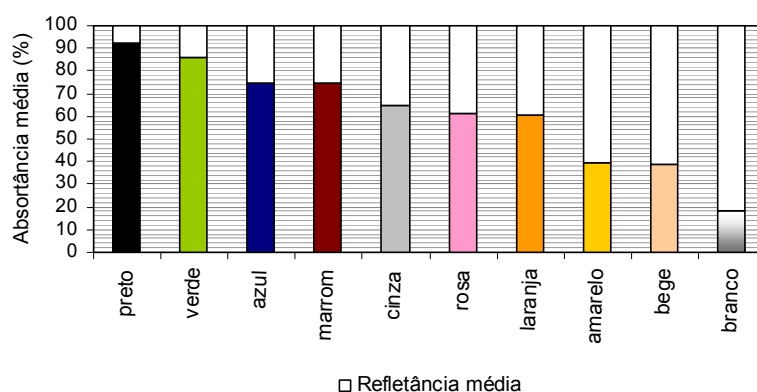


Fig. 4.20: Absortância e refletância média das cores externas.

4.2.8 Detalhes construtivos

Devido à dificuldade de se levantar os detalhes construtivos de toda a amostra de edifícios de escritório, a seguir, apresentam-se detalhes de apenas 14 edifícios.

Em relação ao sistema de abertura, dos 14 edifícios de escritório estudados, 13 possuem janelas do tipo máximo-ar e apenas um possui janela de dois tipos: de correr e máximo-ar. A Fig. 4.21 e a Fig. 4.22 apresentam edifícios destacando nos detalhes, o tipo de abertura. Os sistemas de abertura tipo máximo-ar permitem ventilação, embora não sejam os mais adequados. Logo, percebe-se que os edifícios de escritório utilizam tanto o ar condicionado como a ventilação natural, devido ao tipo de abertura encontrado.



Fig. 4.21: Edifício Mirage Tower



Fig. 4.22: Edifício Planel Towers

De acordo com os estudos feitos sobre o tipo de parede utilizada nos edifícios, notou-se que todos os 14 edifícios possuem paredes externas de tijolo cerâmico. Dentre eles, 13 possuem tijolo cerâmico de seis furos, sendo que sete possuem a cerâmica assentada no sentido horizontal (totalizando uma parede com 20cm de espessura com reboco), e seis a possuem assentada no sentido vertical (totalizando uma parede com 15cm de espessura com reboco). Apenas um edifício possui tijolo cerâmico de oito furos, totalizando com o reboco interno e externo, uma parede com 25cm de espessura.

Dos 14 edifícios analisados, três possuem vidro fumê *float* 6mm, dois apresentam vidros do tipo comum 4mm e vidro transparente fumê 4mm. O restante dos tipos de vidro encontra-se em apenas um edifício, tais como: fumê *float* 4mm, laminado prata 8mm, película colorida 8mm, laminado marrom 8mm, vidro laminado 8mm, laminado azul 8mm, e vidro refletivo verde. Exemplos dos tipos de vidros encontrados com maior incidência nos edifícios analisados estão apresentados na Fig. 4.23.



Fig. 4.23: Tipos de vidros com maior incidência: (a) Via Veneto – vidro fumê float 6mm, (b) Alpha Centuri – vidro comum 4mm e (c) Emedaux – vidro fumê.

A partir da análise fotográfica, foram considerados todos os edifícios da amostra. Os vidros foram agrupados em 6 tipos. A Fig. 4.24 apresenta a frequência de ocorrência de cada tipo, com seus respectivos percentuais. Observa-se que 40% das edificações possuem vidro fumê, em seguida, o vidro claro, utilizado em 8 edificações.

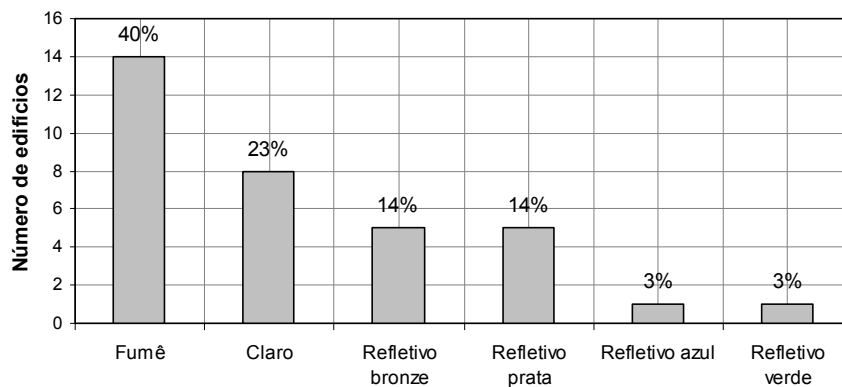


Fig. 4.24: Tipos de vidros encontrados nos edifícios de escritório.

Dentre os 14 edifícios estudados, a telha de fibrocimento foi encontrada em quatro edifícios enquanto que oito deles possuíam apenas laje. O sistema de cobertura mais encontrado foi o terraço com laje nervurada preenchida com concreto celular, representando 3 dos 14 edifícios privados. Em seguida, 2 edifícios possuem lajes treliçadas sob telhados de fibrocimento e 2 possuem lajes nervuradas preenchidas com tijolo cerâmico.

4.3 Padrão de ocupação e uso de equipamentos

4.3.1 Atividades profissionais nos edifícios de escritório

A Tabela 4.4 representa as atividades encontradas nos 35 edifícios selecionados. A atividade de maior participação percentual foi advocacia, representando 18,6% do total. As seis atividades de maior participação dos edifícios de escritórios de Florianópolis, consideradas conjuntamente, representam 51,4%.

Tabela 4.4. Atividades profissionais.

Atividades	Quantidade		Atividades	Quantidade	
	Total	%		Total	%
Advocacia	243	18,6	Arquitetura	22	1,7
Odontologia	145	11,1	Informática	22	1,7
Medicina	95	7,3	Laboratórios	20	1,5
Psicólogo	76	5,8	Seguros	20	1,5
Engenharia	62	4,7	Procuradoria Geral de Justiça	19	1,5
Educação	51	3,9	Consultoria	19	1,5
Representação	27	2,1	Imobiliária	17	1,3
Internet	23	1,8	Associações	16	1,2
Contabilidade	23	1,8	Outras	409	31,2
Total				1309	100

A atividade denominada como “Outras”, representa o somatório das atividades que apresentaram menos de 1% da amostra de edifícios de escritório, assim, justificando a participação de 31,2% no total de atividades analisadas.

4.3.2 Padrão de ocupação

Os dados de padrão de ocupação estão apresentados em sua totalidade no estudo de Moreira (2005). Neste trabalho, para a tipologia predominante, uma média obtida dos levantamentos de ocupação foi utilizada, pois assim, representou um edifício composto por atividades diversas. Para a simulação das alterações da tipologia predominante, foram considerados edifícios compostos por apenas uma atividade, assim, estimando o consumo anual de energia para alguns casos.

A Tabela 4.5 apresenta o número de escritórios para cada atividade e o número de usuários respectivamente, apresentando seus máximos e mínimos, e suas médias. Para essa pesquisa, foram visitados escritórios cujas atividades apresentaram maior representatividade na amostra, exceto para a atividade de psicologia, embora esteja em 4^o lugar na ocorrência de atividades, não se teve acesso a nenhum escritório.

Tabela 4.5. Escritórios visitados para o levantamento de padrão de ocupação.

Atividade	Quantidade de escritórios	Usuários			Desvio padrão
		Máximo	Mínimo	Média	
Advocacia	9	6	1	3,5	3,5
Medicina	4	11	2	6,5	6,4
Contabilidade	3	65	3	34	43,8
Engenharia	3	10	1	5,5	6,4
Construções	3	4	1	2,5	2,1
Consultoria	3	5	2	3,5	2,1
Adm. Imóveis	3	5	2	3,5	2,1
Odontologia	2	6	2	4,0	2,8
Corretora	2	5	4	4,5	0,7
Informática	2	6	6	6,0	0,0
Arquitetura	1	3	3	3,0	0,0
Vendas	1	6	6	6,0	0,0
Educação	1	7	7	7,0	0,0
Imobiliária	1	6	6	6,0	0,0
Laboratório	1	3	3	3,0	0,0
Prestação de serviço	1	2	2	2,0	0,0
Propaganda e publicidade	1	2	2	2,0	0,0

A ocupação média foi obtida das médias de usuários dos escritórios visitados. Dessa forma, foram considerados 6 usuários por escritório.

Através das entrevistas, pôde-se constatar que cada atividade possui expediente diferenciado, e que pode variar do período entre 8h e 20h para os dias úteis. No caso dos escritórios visitados, os finais de semana e feriados não possuem expediente. Também as variações de ocupação durante cada dia são diferentes para cada atividade. Para as atividades de advocacia, a ocupação é intensa durante todo o dia, exceto no intervalo do almoço. Para escritórios de médicos, a ocupação é mais contínua, no período comercial. Para a atividade de odontologia, há uma ocupação menos representativa no período da manhã. Já a ocupação de um escritório de engenharia, é intensa durante todo o dia.

O estudo de Moreira (2005) apresenta detalhadamente a variação de ocupação para cada atividade. Observou-se que 70% dos escritórios iniciam o

expediente às 8h e 75% finalizam o expediente às 18h. O intervalo de almoço demonstrou ser muito variado. Os padrões de ocupação obtidos para o caso base e para as variações com relação à atividade profissional estão apresentados nos tópicos de simulação desse capítulo.

4.3.3 Padrão de uso dos equipamentos

No estudo de Moreira (2005), o padrão de uso de equipamentos provém do levantamento realizado junto à pesquisa de padrão de ocupação. Foram apresentados os equipamentos encontrados com mais freqüência na amostra escritórios. Desta forma, foram obtidos os padrões de uso para cada equipamento. Os equipamentos mais comuns apresentados foram aparelhos de ar condicionado, cafeteiras, computadores, fax, lâmpadas, geladeiras, impressoras, ventiladores, filtro d'água e rádio.

Para esse trabalho, foi obtido um padrão médio de uso de equipamentos para a tipologia predominante e outros padrões de uso de equipamentos com relação à atividade profissional. Os padrões de uso de equipamentos estão apresentados nos tópicos de simulação desse capítulo.

4.3.4 Monitoramento dos equipamentos

Para o levantamento da densidade de carga interna de iluminação e equipamentos, duas salas de escritório (80m² cada), ambas de advocacia foram monitoradas.

As Tabelas 4.6 e 4.7 apresentam os resultados obtidos do medidor de consumo portátil para os escritórios. Para as lâmpadas, foram adotadas as potências nominais considerando 20% por perdas pelos reatores. Observa-se que os aparelhos de ar condicionado não foram monitorados, pois não estavam sendo utilizados nos dias de monitoramento.

O escritório 1 apresenta carga de iluminação de aproximadamente 457W. Como o escritório possui uma área de 80m², a densidade de carga de iluminação corresponde a 5,7W/m². Com relação aos equipamentos, foi considerada uma carga

de 881,5W, o que corresponde a uma densidade de carga de equipamentos de 11,0 W/m².

Tabela 4.6. Monitoramento de equipamentos - escritório 1.

Qte	Equipamentos Descrição	Tempo de Medição (h)	Potência (kW)				Consumo kWh
			max	min	nominal	média	
6	Micro monitor15'	8	0,339	0,042		0,107	0,857
1	Cafeteira Faet Aroma	0,083	0,561	0		0,181	0,015
1	Refrigerador Brastemp 320l	24	1,812	0		0,049	1,178
1	Filtro Master Frio	24	1,293	0		0,0095	0,227
1	Aparelho de ar condicionado				12000 BTU/h		
15	Lâmpada Fluorescente tubular				0,020		
5	Lâmpada Fluorescente compacta				0,004		
2	Lâmpada Fluorescente compacta				0,032		

O escritório 2 apresenta carga de iluminação de aproximadamente 568W. Sendo assim, a densidade de carga de iluminação corresponde a 7W/m². Com relação aos equipamentos, foi considerada uma carga de 670W, que corresponde a uma densidade de carga de equipamentos de 8,4W/m².

Tabela 4.7. Monitoramento de equipamentos - escritório 2.

Qte	Equipamentos Descrição	Tempo de Medição (h)	Potência (kW)				Consumo kWh
			max	min	nominal	média	
5	Micro monitor15'	7	0,33	0,02		0,134	0,936
10	Lâmpada Fluorescente tubular				0,04		
2	Lâmpada Fluorescente tubular				0,02		
1	Lâmpada incandescente				0,04		

Para as densidades de carga de iluminação e de equipamentos serem adotadas na tipologia predominante, foram obtidas médias das densidades adquiridas no monitoramento. Desse modo, a densidade média de iluminação obtida foi de 6,4W/m² e a densidade média de equipamentos obtida foi de 9,7W/m². A densidade média de iluminação corresponde a uma iluminação eficiente, não sendo necessariamente o que ocorre nos escritórios, visto que esses podem ter iluminação insuficiente.

4.4 Tipologia predominante

A partir da análise dos levantamentos das características construtivas e dos levantamentos de ocupação e uso de equipamentos, pôde-se definir a tipologia predominante com as características mais representativas dos levantamentos. A seguir, estão apresentados os testes realizados para a definição do percentual de área de janela da fachada (PJF) a ser utilizado na tipologia predominante e as características que a constituíram.

4.4.1 Testes de PJFs

Neste tópico, estão apresentados os resultados dos testes realizados para a definição do PJF a ser utilizado na tipologia predominante.

- *Teste por freqüência:* A Fig. 4.25 apresenta a freqüência dos PJFs das fachadas principais e secundárias. Observa-se que 35% das fachadas principais possuem PJF entre 30,1% e 40%. Para as fachadas laterais, 32% encontram-se na faixa entre 10,1% e 20%. Vale ressaltar que embora as amostras estejam apresentadas no mesmo gráfico, a amostra de fachadas principais é diferente da amostra de fachadas laterais. Com relação à orientação, adota-se a fachada principal voltada para aquela que obteve a maior incidência na análise das orientações das fachadas principais, no caso, a fachada nordeste.

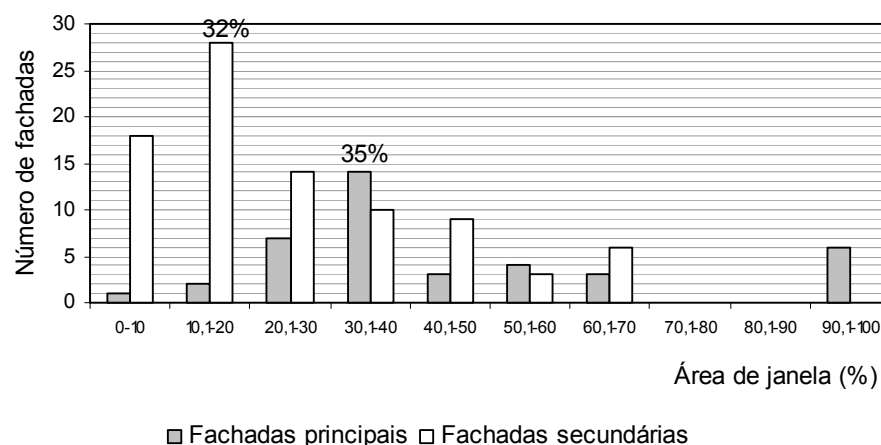


Fig. 4.25: Análise de freqüência das fachadas dos edifícios.

- *Teste por média aritmética:* A Tabela 4.8 apresenta as orientações solares das fachadas principais, com todos os valores de PJFs obtidos do levantamento de

dados. A média aritmética para as fachadas principais analisada conjuntamente é de PJF de 45%.

Tabela. 4.8: Orientação e média das fachadas principais.

Orientação	PJF (%)	Orientação	PJF (%)	Orientação	PJF (%)	Orientação	PJF (%)
Norte	66	Nordeste	58	Sudeste	28	Sudoeste	31
	100		95		39		100
	37		100	Sul	21	Oeste	38
	47	Leste	4		23		33
20	51		35		25		
47	35		19		31		
Nordeste	31	21	32	39	Noroeste	53	
	61	Sudeste	63	22	média	45	
	32		39	23			
	53		100	13			
	31		45				

A Tabela 4.9 apresenta as orientações solares das fachadas secundárias. O PJF médio apresentado para essas fachadas é de 25%.

Tabela. 4.9: Orientação e média das fachadas laterais.

Orientação	PJF (%)	Orientação	PJF (%)	Orientação	PJF (%)	Orientação	PJF (%)
Norte	51	Leste	30	Sul	19	Oeste	28
	30		28		37		27
	14		33		9		21
	17		18		47		33
	17		18		25		26
	45		17		19		14
	12		38	15	38		
	50		20	3	20		
	18		24	47	17		
	19	15	4	18			
	14	33	61	0			
	22	15	61	4			
	4	11	17	62			
Nordeste	23	Sudeste	4	Sudoeste	0	Noroeste	7
	13		3		12		45
	40		38		27		39
	17		15		30		7
	27		56	62	24		
	11		18	6	69		
	12		40	4	45		
	0		26	15	28		
Leste	33	Sul	51	Oeste	3	média	0
	24		0		13		24
	16		66		8		41
	32		49		7		25

-*Teste por orientação*: A Fig. 4.26 apresenta as orientações solares e os respectivos PJFs obtidos do *teste por orientação*. Ocorreram duas situações: a 1ª e a 2ª ocorrência de orientação de fachadas principais, nordeste e sul, respectivamente. A 1ª ocorrência corresponde à fachada principal voltada para nordeste, dessa forma, das médias obtiveram-se: NE = 55%; SE = 20%; NO = 20%; SO = 30%. A 2ª ocorrência corresponde à fachada principal voltada para sul, assim, das médias obtiveram-se: S = 30%; O = 20%; L = 20%; N = 30%.

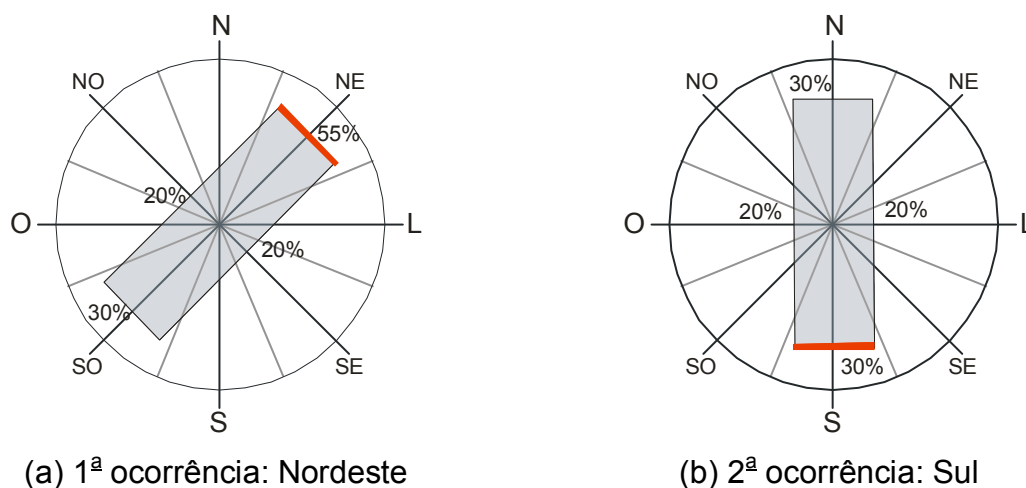


Fig. 4.26: Análise da orientação e dos PJFs do *método por orientação*.

Com relação à análise de PJFs, os resultados dos testes descritos acima demonstraram que os maiores valores de PJF estão voltados para as fachadas principais. Pode-se visualizar essa questão através das fotos das edificações que estão disponíveis no Apêndice 4.

Outro ponto de interesse é como seria a forma adequada de distribuição dos PJFs das fachadas principais e laterais. Esse estudo apresentou 4 casos. Para os dois primeiros testes, obtiveram-se um valor de PJF para as fachadas principais, e outro PJF igual para as fachadas laterais. Já o terceiro teste apresentou outras duas formas de distribuição dos PJFs:

- PJFs diferentes para a fachada principal e posterior, e PJFs iguais para as fachadas laterais e;
- PJFs iguais para a fachada principal e posterior, e PJFs iguais para as fachadas laterais.

Qualquer método adotado estará representando a amostra. Para esse trabalho, foi adotado o *teste por frequência*.

4.4.2 Características da tipologia predominante

Para a modelagem da tipologia predominante, foram analisados todos os resultados alcançados dos levantamentos e generalizados para serem transformados em indicadores para a simulação.

A tipologia predominante simulada possui 8m de largura por 25m de comprimento, apresentando uma área de pavimento de 200m², correspondendo ao valor de área de pavimento mais freqüente do estudo de ocorrência. Dessa forma, o edifício manteve uma proporção aproximada de 1x3 das edificações retangulares analisadas. Do estudo de Minku (2005) obteve-se a média da altura do pé direito, apresentando 2,7m. Do estudo de freqüência de ocorrência, obteve-se um edifício com 11 pavimentos.

A Fig. 4.27 apresenta o modelo genérico que foi reproduzido para o programa simulador. Observa-se que a fachada principal é aquela voltada para orientação nordeste, apresentando um PJF de 40%; as fachadas laterais e posterior, apresentam PJFs de 20%. Nota-se que as janelas foram modeladas contínuas, mesmo que não corresponda à realidade, assim foram feitas com o intuito de simplificar a modelagem para a simulação. A Fig. 4.28 apresenta a planta da edificação, com a área total, indicação da fachada principal e, dados de comprimento e largura.

Ainda na Fig. 4.28, apresenta-se uma outra planta representando as zonas térmicas adotadas para o modelo. A forma, a proporção, a área do pavimento e a área das zonas foram retiradas do estudo de freqüência de ocorrência de cada item disposto. Observa-se que o modelo possui 3 zonas térmicas, sendo a frontal e a posterior (88m² cada) condicionadas, e por fim, a zona denominada circulação (24m²), não condicionada.

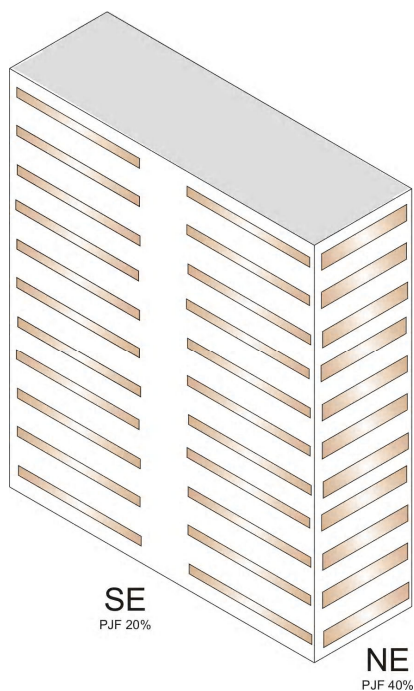


Fig. 4.27: Modelo da tipologia predominante.

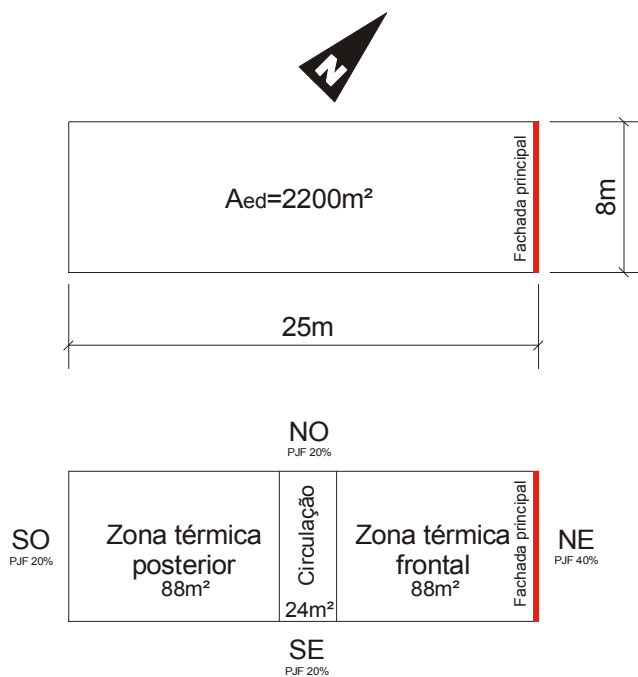


Fig. 4.28: Características do modelo da tipologia predominante.

Os materiais que compõem as paredes externas e a cobertura da tipologia predominante correspondem aos materiais mais encontrados na amostra. As paredes externas são constituídas de tijolos cerâmicos com reboco em ambas as faces. A cobertura é composta por telhas de fibrocimento e laje de concreto. As transmitâncias obtidas para esses materiais e suas respectivas absorvâncias estão apresentadas na Tabela 4.10. A absorvância da parede corresponde à cor cinza, e a absorvância da cobertura corresponde à cor da telha de fibrocimento.

Tabela 4.10: Descrição da tipologia predominante.

Transmitância Térmica (W/m^2K)	Paredes	2,47
	Cobertura	2,42
Capacidade Térmica [$kJ/(m^2.K)$]	Paredes	200
	Cobertura	187
Absorvância	Paredes	0,65
	Cobertura	0,70
Vidro	cor	fumê
	espessura	6 mm
Ocupação média ($m^2/pessoa$)		14,7
Densidade de carga interna (W/m^2)	Iluminação	6,4
	Equipamentos	9,7
Características do sistema de condicionamento de ar	Tipo	Aparelho de janela
	Capacidade de refrigeração (BTU/h)	12.000
	COP ($W_{térmico}/W_{elétrico}$)	2,8

As janelas são constituídas por vidro fumê (FS 0,83). O sistema de ar condicionado é formado por um aparelho de ar condicionado em cada escritório (tipo aparelho de janela), operando durante o horário médio de uso da edificação (8h às 19h) para manter a temperatura interna a 24°C. Embora as temperaturas sejam amenas no inverno para o clima analisado, se ocorrerem temperaturas acima de 24° nesse período, o sistema é acionado. A taxa de infiltração foi fixada em uma renovação de ar por hora para o período entre 8h e 19h (0,067m³/s) e 30% dessa taxa para o período restante.

A Fig. 4.29 apresenta a *schedule* obtida do levantamento de ocupação dos escritórios visitados descrito no tópico 4.3.2. Observa-se uma ocupação mais intensa no período das 8h às 12h e das 14h às 18h. Os demais períodos possuem uma ocupação reduzida devido ao horário de almoço e horários que comumente não possuem expediente.

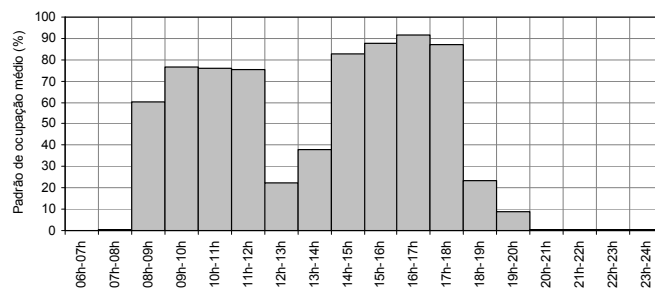
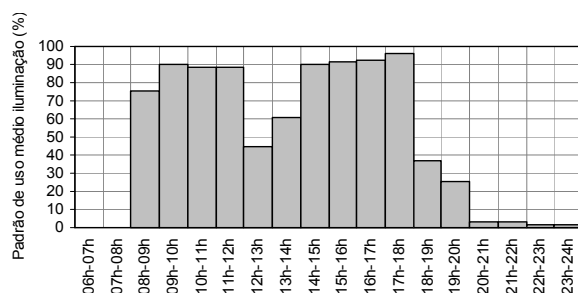
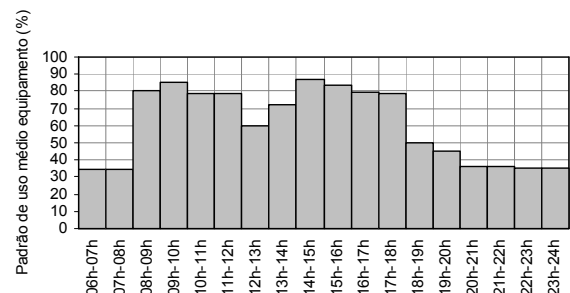


Fig. 4.29: Padrão de ocupação médio.

Os padrões de uso médio dos equipamentos considerados para esse trabalho estão apresentados na Fig. 4.30. Para a iluminação do corredor, foi adotado o uso das 8h às 19h. As densidades de carga interna de iluminação e equipamentos foram obtidas do monitoramento descrito no tópico 4.3.4.



(a) iluminação



(b) equipamentos

Fig. 4.30: Padrão de uso médio para iluminação e para equipamentos.

A Tabela 4.11 apresenta as características fixas adotadas para as paredes internas, para as lajes intermediárias e para o piso da tipologia predominante, pois esses parâmetros construtivos não foram levantados. Também estão apresentadas as características das paredes externas e da cobertura obtidas do levantamento de dados. Observa-se que os componentes descritos na Tabela 4.11 estão no formato aplicado no programa de simulação.

Tabela 4.11: Descrição das propriedades dos materiais.

Elementos	Rugosidade	Espessura (cm)	Condutividade (W/m.K)	Densidade (kg/m³)	Calor específico (J/kg.K)
Parede interna					
Argamassa de reboco	rugoso	2,5	1,15	2000	1000
Tijolo cerâmico	rugoso	10	0,9	1232	920
Laje intermediária					
Argamassa de reboco	rugoso	2,5	1,15	2000	1000
Laje de concreto	rugoso	15	1,75	2200	1000
Piso cerâmico 1	rugoso	1,9	0,14	530	900
Piso					
Laje de concreto	rugoso	15	1,75	2200	1000
Argamassa de reboco	rugoso	2,5	1,15	2000	1000
Piso cerâmico 2	rugoso	1	0,9	1600	920
Parede externa					
Argamassa de reboco	rugoso	2,5	1,15	2500	1000
Tijolo cerâmico	rugoso	10	0,9	2900	920
Cobertura					
Telha de fibrocimento	rugoso	0,7	0,95	1900	840
Laje de concreto	rugoso	8	1,75	2200	1000

A partir da definição do caso base, contendo as características obtidas dos levantamentos, foram simuladas as variações descritas no tópico 3.4.3 do capítulo de Metodologia.

4.5 Simulações termo-energéticas

4.5.1 Treinamento no programa de simulação EnergyPlus: método BESTEST

Nos tópicos 4.5.1.1 e 4.5.1.2 estão apresentados os resultados do treinamento para a utilização (caso 600 e do caso 600FF) do programa EnergyPlus.

4.5.1.1 Caso 600

A Tabela 4.12 apresenta os resultados obtidos nas simulações do caso 600, comparados com a média dos resultados listados na ASHRAE *Standard* 140 e com os resultados obtidos pela *Gard Analytics Energy and Environmental Research*, que aplicou a norma de validação ao EnergyPlus a pedido do LBNL (*Lawrence Berkeley National Laboratory*).

Os resultados da simulação foram satisfatórios, apresentando uma maior variação (-11,3%) quando a Carga Integrada Anual de Aquecimento obtida é comparada aos resultados pelos programas listados na norma. Quando esta é comparada aos resultados da empresa *Gard*, a variação é de 4,2%. Já a Carga Integrada Anual de Resfriamento (7,115MWh) estimada pelas simulações foi muito próxima da média dos resultados dos demais programas apresentados na *Standard* 140 (7,053MWh), e variou 4,8% com relação aos resultados da *Gard*. Os picos de carga obtidos foram muito próximos aos obtidos pela *Gard*, variando de 0,4%, quando se trata de aquecimento, e 0,8% com relação ao resfriamento.

Tabela 4.12. Comparação entre resultados obtidos na simulação do Caso 600.

Resultados	Carga Integrada Anual (MW)		Pico de Carga (kW)	
	Aquecimento	Resfriamento	Aquecimento	Resfriamento
Simulado	4,477	7,115	3,823	6,717
BESTEST	5,046	7,053	3,952	6,535
Variação (%)	-11,3	0,9	-3,3	2,8
<i>Gard</i>	4,673	6,792	3,838	6,664
Variação (%)	-4,2	4,8	-0,4	0,8

4.5.1.2 Caso 600FF (*Free Floting*)

Os resultados obtidos com a simulação do Caso 600FF são apresentados na Tabela 4.13. Observa-se que os resultados das simulações ficaram mais próximos aos resultados obtidos nas simulações da empresa *Gard*. A temperatura anual máxima variou -0,3%, a mínima não variou e a média variou 2,3%. Com relação ao BESTEST, a temperatura anual máxima obtida variou 3,7%, a temperatura anual mínima variou 1,1% e a temperatura média variou 2,8%.

Tabela 4.13. Temperatura anual horária do Caso 600.

Resultados	Temperatura anual (°C)		
	Temperatura máxima	Temperatura mínima	Temperatura média
Simulado	65,2	-17,8	26,0
BESTEST	67,7	-17,6	25,3
Variação (%)	-3,7	-1,1	2,8
<i>Gard</i>	65,4	-17,8	25,4
Variação (%)	-0,3	0,0	2,3

A temperatura interna máxima obtida nas simulações foi de 65,2°C e ocorreu no dia 17 de outubro às 16h, como se pode observar na Fig. 4.31. A temperatura externa variou entre 6,7°C e 25°C. O pico de temperatura externa ocorreu entre 15h e 16h.

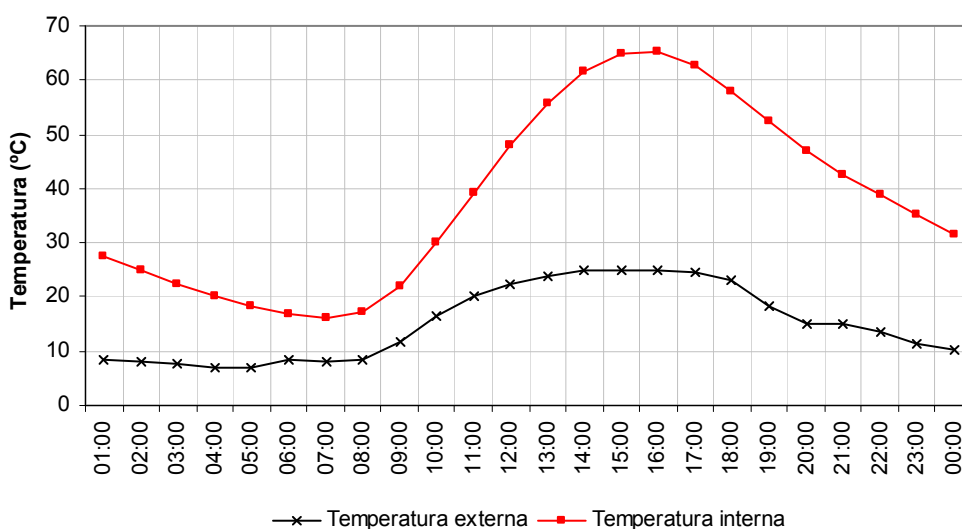


Fig. 4.31: Variação da temperatura interna e externa no dia de temperatura interna máxima (17/10).

A menor temperatura interna registrada durante o ano foi -17,8°C às 8h do dia 4 de janeiro. A temperatura interna desse dia variou entre -17,8°C e 32,5°C, enquanto que a temperatura externa variou entre -24°C e -12,4°C. O pico de temperatura externa ocorreu às 15h e o de temperatura interna às 16h (Fig.4.31).

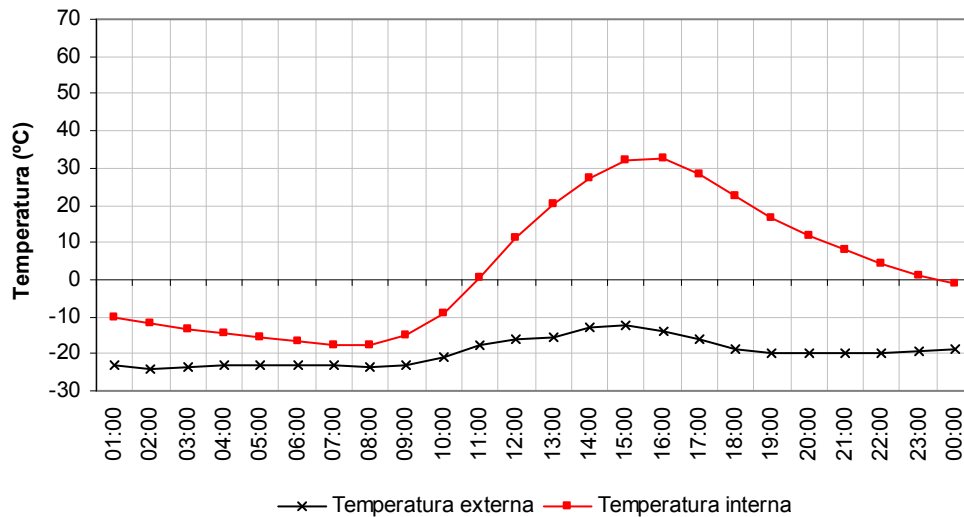


Fig. 4.32: Variação da temperatura interna e externa no dia de temperatura interna mínima (04/01).

4.5.2 Simulação da tipologia predominante

4.5.2.1 Simulação da tipologia predominante: caso base

Os resultados da simulação da tipologia predominante foram obtidos através dos relatórios de saída do programa EnergyPlus (Apêndice 6). Sendo assim pôde-se analisar as cargas de resfriamento de forma individualizada para cada zona térmica determinada no caso base e também, para cada pavimento.

A Tabela 4.14 apresenta o pico de carga de resfriamento para as zonas condicionadas do modelo (zona posterior e frontal). Também foram diferenciados os pavimentos, pois dependendo da altura deste, as cargas de resfriamento tiveram comportamentos diferenciados. Para essa análise, estão representados na Tabela 4.14 três pavimentos: o pavimento térreo; o pavimento 2, que representa um pavimento intermediário e; o pavimento cobertura, que representa o último pavimento da edificação.

Para a zona posterior, observa-se que nos pavimentos descritos, os picos de resfriamento aconteceram nos dias 7 (às 15h e 17h) e 27 de janeiro (às 17h). O valor de carga para a zona posterior variou de 2,784kW a 7,142kW. Um acréscimo de 157% de carga do pavimento 1 para o pavimento de cobertura.

Para a zona frontal, os picos de resfriamento ocorreram no mesmo dia. O pico de carga de resfriamento do pavimento 1 aconteceu às 16h do dia 7 de janeiro, com

o valor de carga de 5,592kW. Os picos de carga de resfriamento do pavimento 2 e da cobertura ocorreram às 17h do dia 7 de janeiro. A variação de carga do pavimento térreo para o pavimento de cobertura foi de 88%. Essas grandes variações que ocorrem no pavimento térreo para o pavimento de cobertura, são devidas as perdas de calor pelo solo no pavimento térreo e os ganhos de calor providos da cobertura.

Tabela 4.14: Pico de carga de resfriamento da tipologia predominante.

Zonas condicionadas		Pico de carga de resfriamento				
		Data	Hora	Temp ext (°C)	Temp int (°C)	Carga (W)
Zona Posterior	Pav 1	07/01	15:00	32,7	24	2784
	Pav 2	27/01	17:00	33,7	24	7142
	Pav cob	07/01	17:00	32,4	24	10718
Zona Frontal	Pav 1	27/01	16:00	34,0	24	5592
	Pav 2	27/01	17:00	33,7	24	7240
	Pav cob	27/01	17:00	33,7	24	10492

Na Fig. 4.33 observa-se o gráfico de temperatura horária e carga térmica do dia de pico de resfriamento do pavimento de cobertura da zona posterior, que aconteceu às 17h do dia 7 de janeiro, com o valor de 10,718kW. Nesse dia, a temperatura externa variou de 23°C a 32,8°C, sendo que no horário de pico de carga de resfriamento, a temperatura externa era 32,4°C. O pico de carga de resfriamento mais crítico ocorre na zona posterior e no pavimento de cobertura devido, além de existir ganho de calor à carga interna, existe o ganho de calor à radiação solar provido da cobertura.

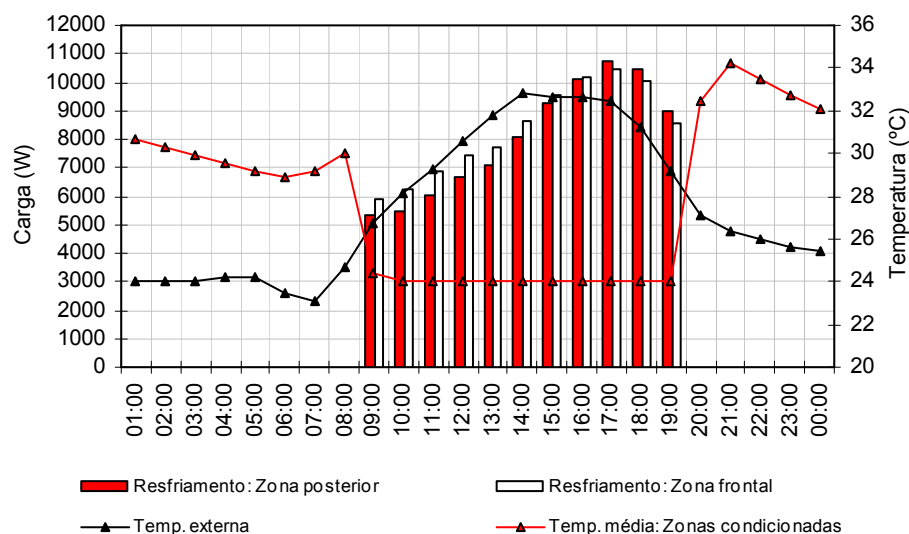


Fig. 4.33: Carga térmica e temperatura do pav. cobertura no dia de pico de resfriamento (07/01).

Na Fig. 4.34, observa-se o gráfico de consumo em kWh/m² no decorrer do ano para a tipologia predominante. O edifício apresenta um consumo anual de energia de 191,8 MWh (87,2 kWh/m²). Claramente, observa-se na curva da Fig. 4.34 que o consumo de energia durante o período de temperaturas mais amenas (junho, julho e agosto) é reduzido, pois os aparelhos de ar condicionado não são acionados, nem mesmo para aquecimento, uma vez que as baixas temperaturas não são rigorosas do clima em estudo.

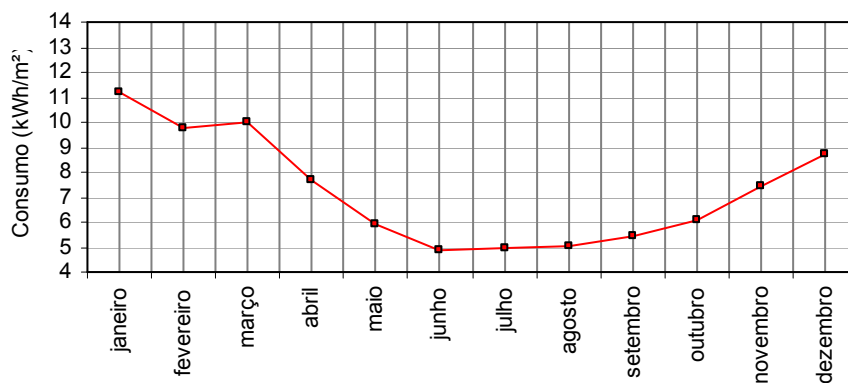


Fig. 4.34: Consumo de energia da tipologia predominante.

Os consumos anuais do edifício obtidos da simulação relacionados à iluminação e ao equipamento é de 40,2MWh e 76,2MWh, respectivamente. O percentual de cada um com relação ao total de consumo anual de energia é de 21% para iluminação e de 40% para os equipamentos. A Fig. 4.35 apresenta os percentuais de consumo de iluminação, de equipamentos e de ar condicionado da tipologia predominante. Devido ao controle do ar condicionado estabelecido das 8h às 19h, os equipamentos demonstram maior representatividade na análise de usos finais de energia.

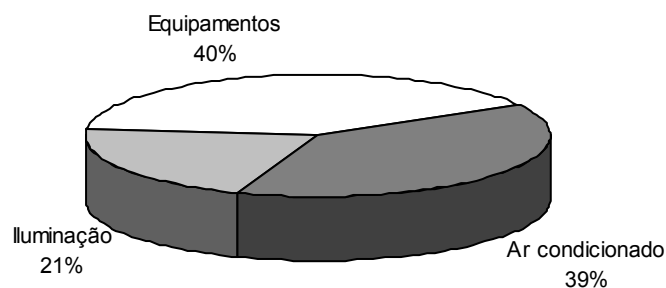


Fig. 4.35: Usos finais de energia obtidos da simulação.

4.5.2.2 Simulação da tipologia predominante: teste de PFJs

As simulações dos testes dos PJsFs apresentaram os resultados do consumo de energia para os 4 casos descritos na metodologia. O caso base representa a situação obtida do teste por frequência, onde a fachada principal está voltada para a orientação nordeste com PJF igual a 40%, e as demais fachadas, com PJFs iguais a 20%. O caso obtido do teste por média aritmética, apresenta características semelhantes ao do caso base. A fachada principal está voltada para a orientação nordeste, porém com PJF igual a 45%, e as demais fachadas apresentam PJFs iguais a 25%. Do teste por frequência, foram obtidas duas situações. Uma delas (1ª ocorrência no estudo de frequência) apresenta a fachada principal voltada para a orientação nordeste, com PJF igual a 55%; as fachadas laterais possuem PJFs iguais a 20%; e a fachada posterior possui PJF igual a 30%. A outra situação obtida do teste de frequência (2ª ocorrência no estudo de frequência) apresenta a fachada principal voltada para sul, com PJF igual a 30%; as fachadas laterais possuem PJFs iguais a 20% e fachada posterior igual a 30%. A Fig. 4.36 apresenta o consumo de energia dos casos obtidos dos testes de PJF.

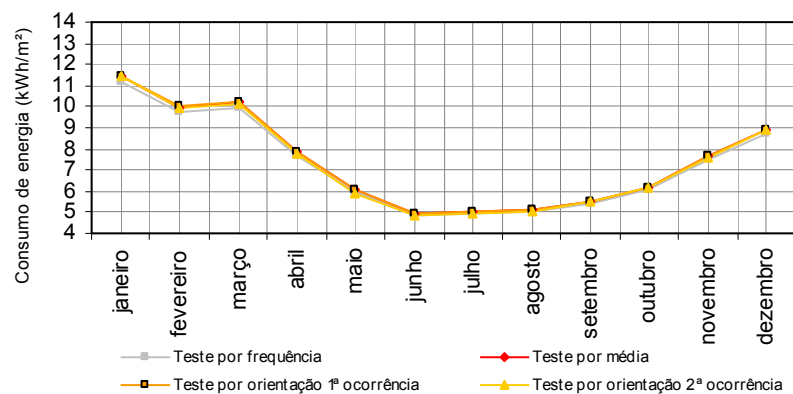


Fig. 4.36: Consumo de energia das variações de teste de PJF.

A Fig. 4.37 apresenta a variação do consumo de energia dos testes analisados com relação ao caso base (teste de frequência) no decorrer do ano. Observa-se que nos casos analisados, o consumo mensal foi sempre maior que o consumo mensal do caso base, exceto para o caso obtido do teste por frequência 2ª ocorrência entre os meses de maio e agosto.

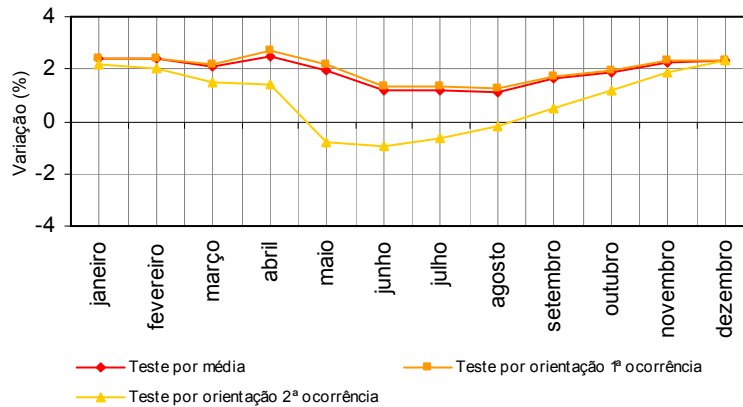


Fig. 4.37: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função das alternativas de PJFs para o caso base.

A Tabela 4.15 apresenta o consumo anual dos edifícios com PJFs obtidos dos testes realizados. O teste por média aritmética apresentou um acréscimo no consumo de energia de 1,9% com relação ao case base. Fato que se justifica pelo aumento de 5% dos PFJs das fachadas principal e secundárias. O mesmo ocorre com o teste por orientação 1ª ocorrência, onde ocorreu um acréscimo no consumo de energia de 2,0%, devido ao aumento do PJJ, principalmente da fachada principal. O último teste realizado comparado ao caso base, apresentou um acréscimo no consumo de energia de 1,1%.

Tabela 4.15: Consumo anual de energia com relação aos testes de PJFs.

Consumo	Caso base	Teste por média	Teste por orientação 1ª ocorrência	Teste por orientação 2ª ocorrência
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	88,9	89,0	88,2
Variação (%)	-	1,9	2,0	1,1

A escolha do método utilizado para adotar os valores de PJJ para um edifício que represente uma tipologia predominante, pode interferir no consumo de energia, porém, não apresentou grandes variações. Os testes demonstraram que são válidos, cabendo ao pesquisador adotar àquele mais satisfatório. Para esse trabalho foi adotado o teste por frequência.

4.5.3 Simulações das variações da tipologia predominante

A seguir, estão apresentados os resultados obtidos das alterações da tipologia predominante, com representações gráficas para melhor visualização do conteúdo e considerações sobre cada tópico abordado.

4.5.3.1 Variações do fator de projeção

A análise da influência no consumo de energia com relação à variação do fator de projeção foi feita de forma simplificada, devido à dificuldade de modelagem dos elementos utilizados para proporcionar sombreamento. Embora esse processo tenha sido simplificado para a simulação, as respostas dos casos analisados foram significativas.

A Fig. 4.38 apresenta o consumo de energia das variações do fator de projeção. Observa-se a curva de consumo no decorrer do ano para o caso base, que corresponde a uma edificação ausente de qualquer tipo de proteção solar. Outro caso é o edifício com brises verticais. Este apresenta um ângulo horizontal de sombreamento de 45°. Para a análise do edifício com brises horizontais, foram analisados diferentes ângulos verticais de sombreamento: 25°, 45° e 65°; e finalmente, foi analisado o consumo de energia do edifício que possui os dois tipos de brises, nos quais proporcionam ângulo de sombreamento de 45°.

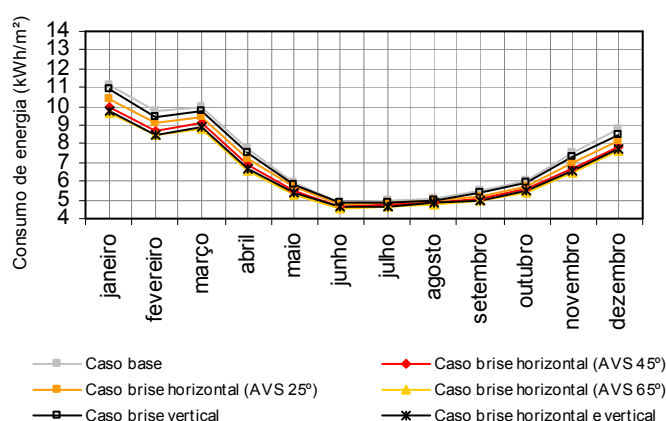


Fig. 4.38: Consumo de energia das variações do fator de projeção.

A Fig. 4.39 apresenta a variação percentual do consumo de energia do edifício em função do fator de projeção. Nota-se que nos cinco casos apresentados ocorreu uma redução no consumo de energia, porém, vale ressaltar que a maior

redução no consumo de energia não quer dizer necessariamente que seja o caso mais ideal, pois a proteção pode estar barrando em excesso a entrada de luz no ambiente.

O brise vertical, com se pode observar na Fig. 4.39, obteve pouca influência na redução do consumo de energia, ao passo que os demais casos obtiveram uma redução máxima no consumo de energia bem significativa, de 15,2% para o mês de abril.

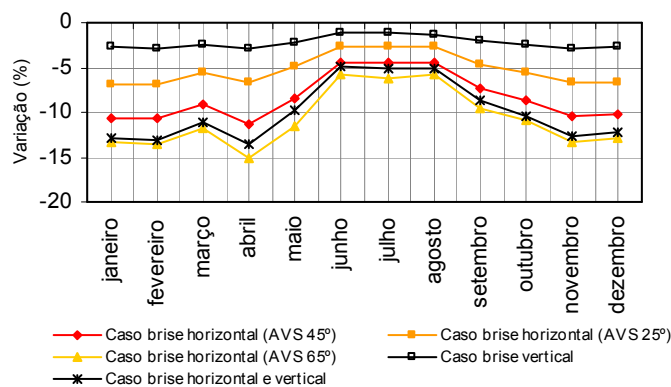


Fig. 4.39: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função do fator de projeção.

A Tabela 4.16 apresenta o consumo anual de energia com relação ao fator de projeção. Comparando-se o caso base com o caso que obteve menor consumo anual de energia, nota-se que houve uma redução de 10,1 kWh/m² (11,6%).

Tabela 4.16: Consumo anual de energia com relação ao fator de projeção.

Consumo	Caso base	Brise horizontal AVS25°	Brise horizontal AVS45°	Brise horizontal AVS65°	Brise vertical	Brise horizontal e vertical
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	82,3	79,4	77,1	85,1	77,8
Variação (%)	-	-5,6	-8,9	-11,6	-2,4	-10,7

A Fig. 4.40 apresenta a correlação do consumo anual de energia de uma edificação com a variação dos brises horizontais. Observa-se que os brises horizontais (ângulo vertical de sombreamento) demonstraram uma relação linear com o consumo de energia. Nota-se que ocorreu uma redução no consumo energia ao se aumentar o ângulo vertical de sombreamento.

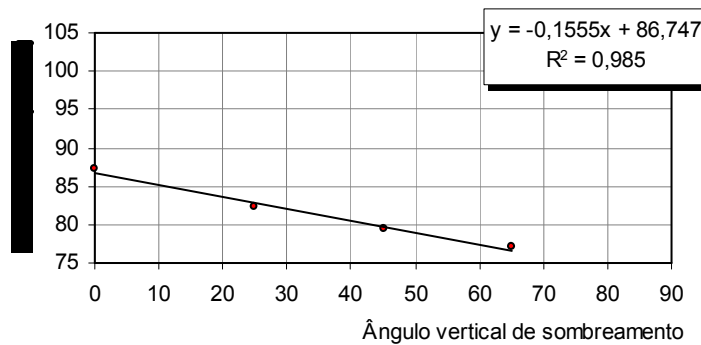


Fig. 4.40: Correlação do consumo anual de energia com o brise horizontal.

Observou-se que os casos simulados com proteção solar colaboraram para a redução do consumo de energia, porém, deve-se atentar para a adequação desta ao tipo de clima e, principalmente, à orientação solar. Para este trabalho, os brises foram considerados iguais para todas as fachadas, no entanto, para um melhor desempenho, estes devem ser projetados de acordo com a orientação solar correspondente a cada fachada.

4.5.3.2 Variações do entorno

Foi analisada a influência no consumo anual de energia com relação ao entorno da edificação. O entorno foi determinado da forma descrita na metodologia, nos quais são apresentados 6 casos distintos. A Fig. 4.41 apresenta as curvas de consumo anual do caso base e dos demais casos simulados.

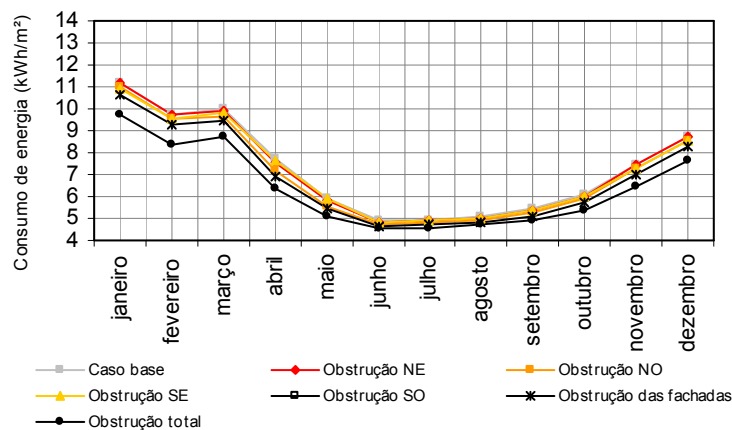


Fig. 4.41: Consumo de energia das variações de entorno.

A Fig. 4.42 apresenta a variação do consumo de energia com relação às obstruções das fachadas que simulam edificações construídas próximas ao edifício analisado. Os casos onde ocorreram as menores variações do consumo de energia foram quando se obstruíram separadamente as fachadas NE, SE e SO do caso base, nas quais não ultrapassam 2% (Tabela 4.17).

Da análise das obstruções adotadas separadamente, a maior variação do consumo de energia ocorreu ao se obstruir a fachada NO, devido à grande incidência de radiação solar nesta. Observa-se na Fig. 4.42 que, embora no período do inverno (junho, julho e agosto) a altitude solar é menor, o que ocasiona mais sombreamento em função das obstruções do entorno, o consumo é menor do que os demais períodos do ano, pois no inverno o uso do ar condicionado é bastante reduzido.

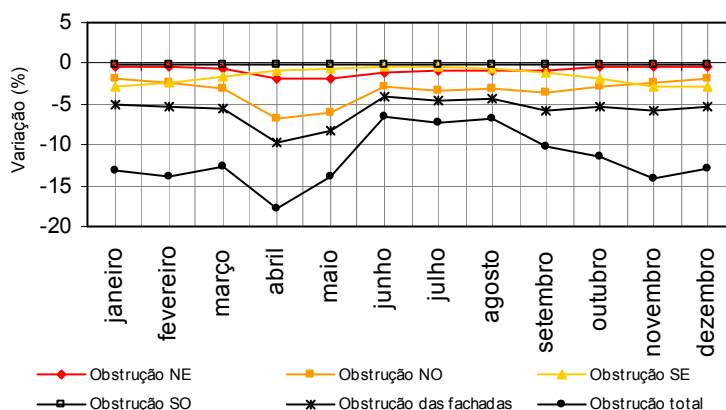


Fig. 4.42: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função do entorno.

A Tabela 4.17 mostra o consumo anual de energia com relação ao entorno. Nota-se que quando as obstruções são colocadas individualmente, há uma pequena influência no consumo final de energia. No entanto, ao se obstruir todas as fachadas e até mesmo, cercar toda a edificação (obstrução total), observa-se que ocorreu uma redução no consumo de 5,8% e 12,3%, respectivamente. Embora ocasione redução no consumo de energia, o entorno possui seus aspectos negativos, como a obstrução da iluminação natural, a obstrução da ventilação natural e até mesmo, a obstrução da vista para o exterior.

Tabela 4.17: Consumo anual de energia com relação ao entorno.

Consumo	Caso base	Obstrução NE	Obstrução NO	Obstrução SE	Obstrução SO	Obstrução fachadas	Obstrução total
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	86,5	84,4	85,7	87,0	82,1	76,5
Variação (%)	-	-0,8	-3,2	-1,7	-0,2	-5,8	-12,3

O entorno, conforme a obstrução que proporciona, influencia diretamente no consumo de energia de um edifício devido ao sombreamento causado, principalmente nas fachadas em que se recebe maior radiação solar. Portanto, ao simular um edifício, é importante considerar esse aspecto juntamente com outros parâmetros que influenciam no consumo de energia de uma edificação.

Para fazer uma correlação do consumo de energia com as obstruções, foi considerado o número de horas de sol que incidem nas fachadas. A Fig. 4.43 apresenta os mascaramentos obtidos das obstruções das fachadas NE, NO, SE e SO. Com esses mascaramentos, obtiveram-se as horas de sol que incidem nas fachadas para o solstício de verão e para o solstício de inverno, as horas de sol foram consideradas individualmente para cada fachada, dessa forma, pode-se obter até 28h. Os mascaramentos para a obstrução das fachadas e para a obstrução total também foram realizados, porém não foram gerados, pois o programa utilizado não permite sobreposição de fachadas.

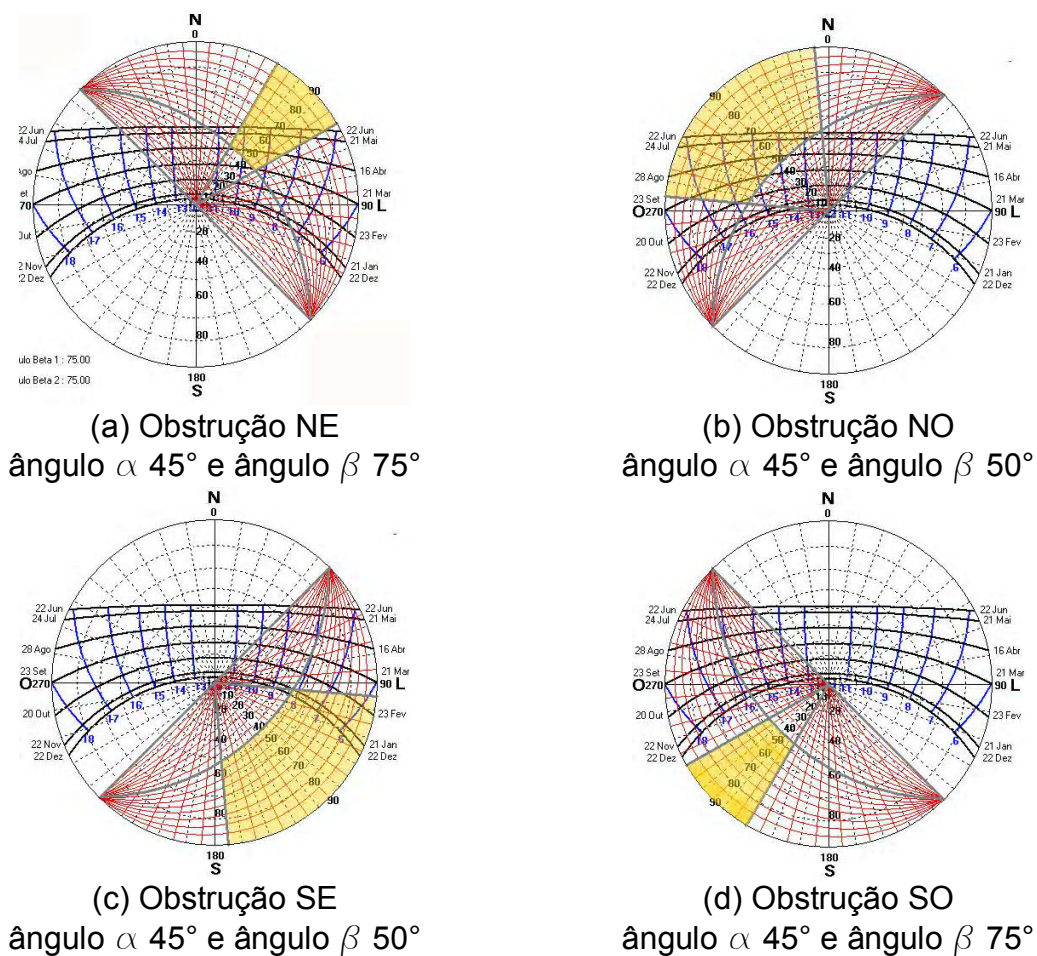


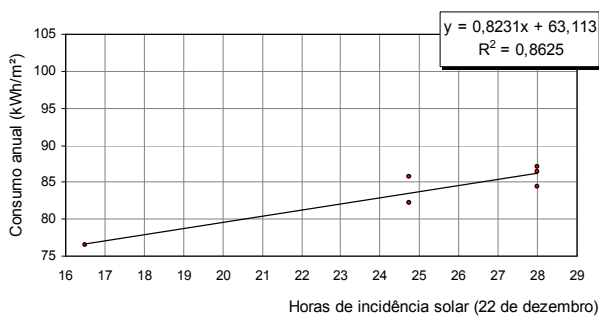
Fig. 4.43: Mascaramento obtido da obstrução das fachadas.

A Tabela 4.18 apresenta o somatório das horas de sol que incidem nas fachadas dos 6 casos simulados. Observa-se que, no solstício de verão as obstruções pouco influenciam no sombreamento do edifício, exceto para o caso “obstrução total”, no qual incide menos 11,5h de sol. Esse fato ocorre de modo diferente no solstício de inverno, pois acontecem mais horas de sombreamento nas fachadas, devido à inclinação solar desse período. A Fig. 4.44 apresenta a relação do consumo de energia com as horas de sol incidentes no edifício para os solstícios de verão e inverno.

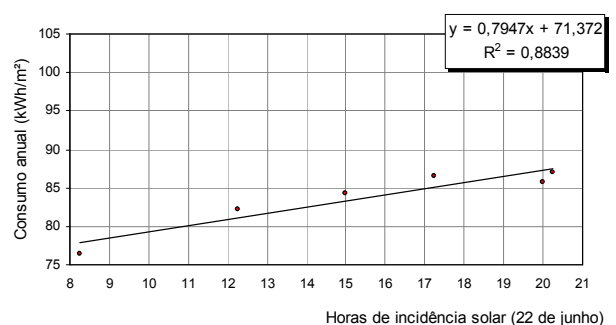
Tabela 4.18: Número de horas de sol que incide no edifício.

22 de dezembro (solstício de verão)						
Total de horas de sol incidentes no edifício	Obstrução NE	Obstrução NO	Obstrução SE	Obstrução SO	Obstrução fachadas	Obstrução total
	28	28	24,75	28	24,75	16,5
22 de junho (solstício de inverno)						
Total de horas de sol incidentes no edifício	Obstrução NE	Obstrução NO	Obstrução SE	Obstrução SO	Obstrução fachadas	Obstrução total
	17,25	15	20	20,25	12,25	8,25

Observa-se que o número de horas de sol demonstra uma relação linear com o consumo de energia. Nota-se que ocorreu um acréscimo no consumo energia ao se aumentar o número de horas de sol que incidem no edifício. Ao se aumentar em 1h de sol para o solstício de verão e para o solstício de inverno, ocorre um acréscimo no consumo de energia de aproximadamente 1% para ambos os casos.



(a) Solstício de verão



(b) Solstício de inverno

Fig. 4.44: Correlação do consumo de energia com o número de horas de sol.

4.5.3.3 Variações do coeficiente de sombreamento dos vidros

Foi analisada a influência no consumo anual de energia a partir das alterações dos coeficientes de sombreamento dos vidros e comparada à resposta do consumo de energia do caso base. Determinou-se para o caso base o vidro que obteve maior representatividade da amostra, o vidro fumê, com fator solar equivalente a 0,83. Para as demais alternativas simuladas, foram adotados os vidros que foram encontrados com menor frequência, desconsiderando aqueles que obtiveram apenas uma ocorrência. Dessa forma, foram simulados o vidro claro, com fator solar igual a 0,87; o vidro refletivo prata, com fator solar igual a 0,61 e; o vidro refletivo bronze, com fator solar igual a 0,22.

A Fig. 4.45 apresenta o consumo de energia das variações do coeficiente de sombreamento dos vidros comparado ao consumo de energia do caso base. Observa-se que as curvas de consumo de energia mostradas na Fig. 4.45 são semelhantes, apenas havendo uma maior diferenciação quando se trata do fator solar igual a 0,22.

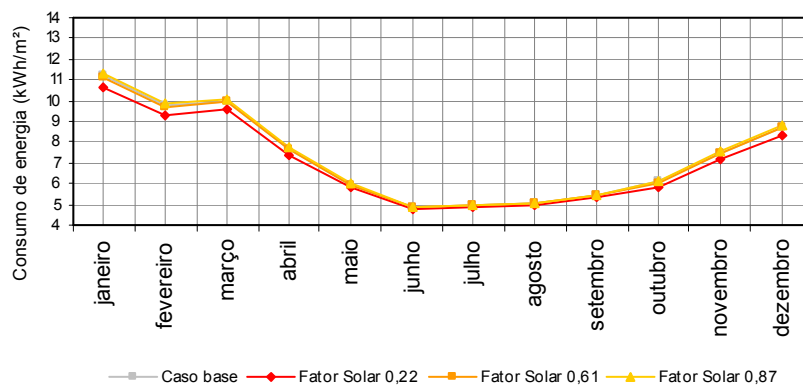


Fig. 4.45: Consumo de energia das variações do coeficiente de sombreamento dos vidros.

A Fig. 4.46 apresenta a variação percentual do consumo de energia do edifício em função do coeficiente de sombreamento dos vidros. Nota-se que, para o vidro claro, fator solar equivalente a 0,87, houve um acréscimo máximo no consumo de energia inferior a 1%, pois o fator do vidro claro é semelhante ao fator solar adotado para o caso base. A variação mais significativa do consumo de energia ocorreu no mês de janeiro, com o vidro refletivo bronze (fator solar equivalente a 0,22) alcançando uma redução no consumo de energia de 4,7%.

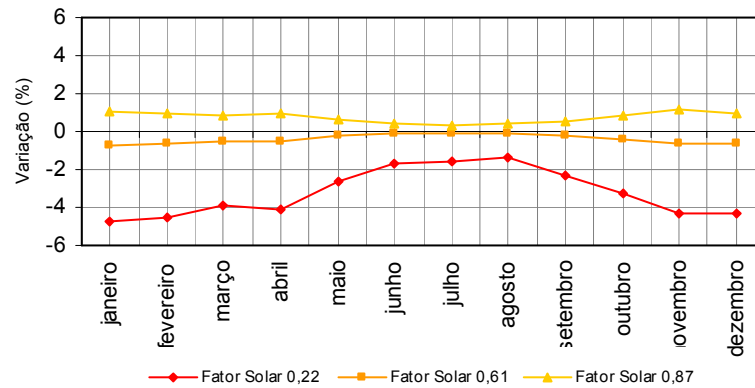


Fig. 4.46: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função do coeficiente de sombreamento dos vidros.

A Tabela 4.19 apresenta o consumo anual de energia com relação ao fator solar. Nota-se que a maior redução do consumo anual de energia foi de 3,5%. Pode-se deduzir que a pequena variação da influência do consumo pode ser explicada pelo pequeno valor de PJF adotado no caso base.

Tabela 4.19: Consumo anual de energia com relação ao fator solar.

Consumo	Caso base	Fator solar 0,22	Fator solar 0,61	Fator solar 0,87
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	84,1	86,7	87,9
Variação (%)	-	-3,5	-0,6	0,8

De acordo com a Fig. 4.47, a variação dos tipos de vidro e o consumo de energia apresentam uma boa correlação. Observa-se que ocorre um acréscimo no consumo de energia conforme se aumenta valor do fator solar dos vidros, embora o acréscimo seja pouco significativo. Aumentando o fator solar em 0,1, aumenta-se o consumo de energia em 0,65%.

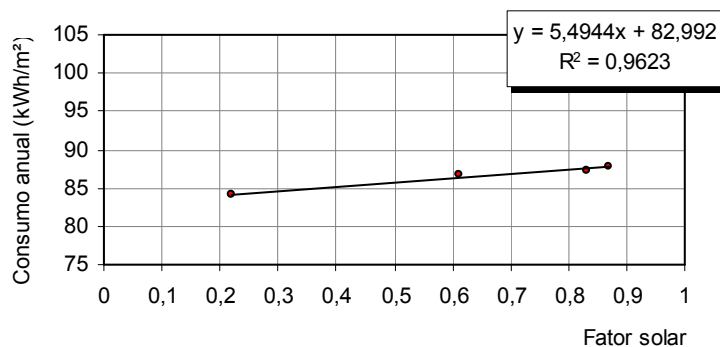


Fig. 4.47: Correlação do consumo anual de energia com o fator solar dos vidros.

4.5.3.4 Variações do PJJ

A janela atua no edifício como um elemento que durante as horas do dia ocorre incidência de radiação solar direta ou difusa, permitindo acesso ao ambiente grande quantidade de calor na forma de radiação. O vidro é transparente à grande parte da radiação solar incidente, mas é opaco à radiação de ondas longas provenientes do calor emitido pelas superfícies e objetos no interior da edificação. Desta forma, as áreas envidraçadas funcionam com sendo uma estufa, ou seja, que permite a entrada de calor e dificulta a saída deste.

Para a análise da influência no consumo de energia em função da área de janelas, foram variados os PJJs em faixas de 10% e comparados ao caso base. A Fig. 4.48 mostra a variação do consumo de energia no decorrer do ano com relação aos PJJs adotados para a análise.

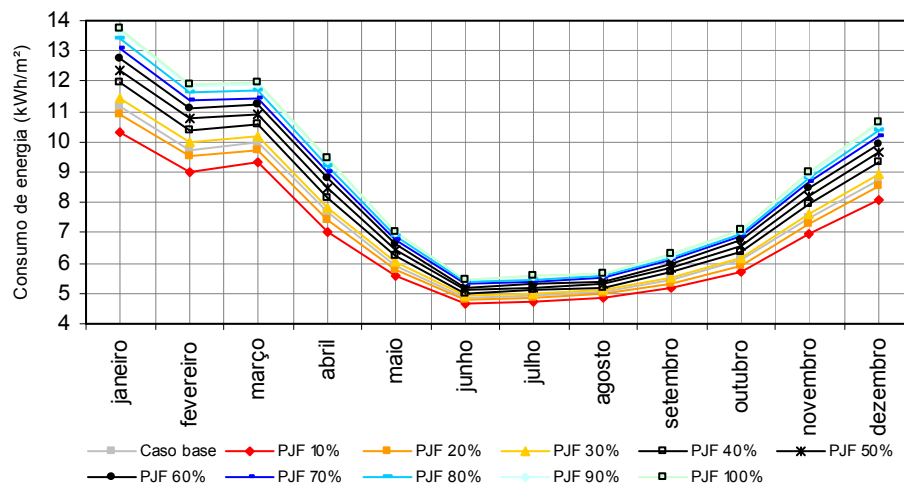


Fig. 4.48: Consumo de energia das variações dos PJJs.

A Fig. 4.49 apresenta a variação percentual do consumo de energia em função dos PJJs. Nota-se uma redução máxima do consumo de 8,5% para PJJ igual a 10% no mês de abril quando comparada ao consumo do caso base, e um acréscimo máximo do consumo de 25,1% para o PJJ igual a 100%, no mês de fevereiro.

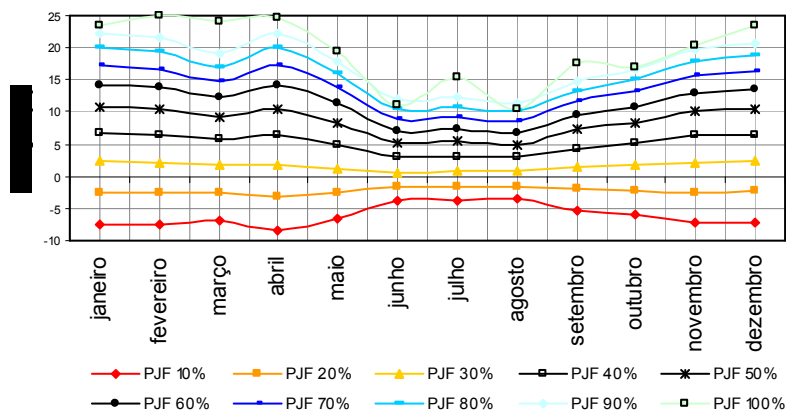


Fig. 4.49: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função dos PjFs.

A Tabela 4.20 apresenta o consumo anual de energia com relação ao PjF e as variações do consumo de energia com relação ao caso base. Observa-se que houve uma redução no consumo de energia de 6,6% para a faixa de PjF equivalente a 10%. Já para o maior valor de PjF, equivalente a 100%, houve um acréscimo no consumo de energia de 20,4%. Em uma análise em que o caso base é excluído, considerando o consumo de energia do PjF de 10% a 100%, nota-se um acréscimo no consumo de 23,6kWh/m².ano, equivalente a 29%.

Tabela 4.20: Consumo anual de energia com relação ao PjF.

Consumo	Caso Base	PjF 10%	PjF 20%	PjF 30%	PjF 40%	PjF 50%	PjF 60%	PjF 70%	PjF 80%	PjF 90%	PjF 100%
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	81,4	85,1	88,7	91,9	94,9	97,5	99,7	101,6	103,3	105,0
Variação (%)	-	-6,6	-2,4	1,7	5,4	8,8	11,8	14,3	16,5	18,5	20,4

A Fig. 4.50 mostra a correlação do consumo anual de energia com o PjF. Observa-se que ocorre um acréscimo do consumo de energia conforme o aumento do valor de PjF. De acordo com o aumento de 10%, há um acréscimo do consumo de energia de aproximadamente 2,9%.

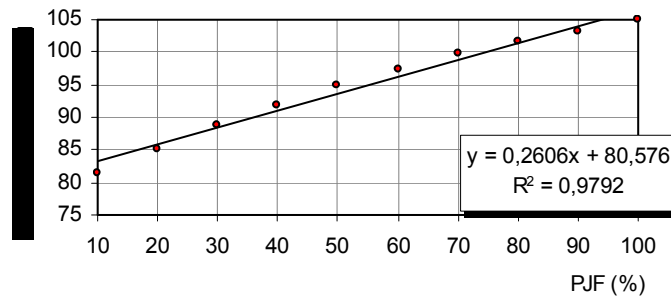


Fig. 4.50: Correlação do consumo anual de energia com o PjF.

4.5.3.5 Variações da transmitância térmica

Ao analisar a variação no consumo de energia do edifício em função da variação das alterações dos valores de transmitância térmica das paredes, observou-se a pequena influência deste parâmetro. A Fig. 4.51 apresenta as curvas do consumo de energia no decorrer do ano.

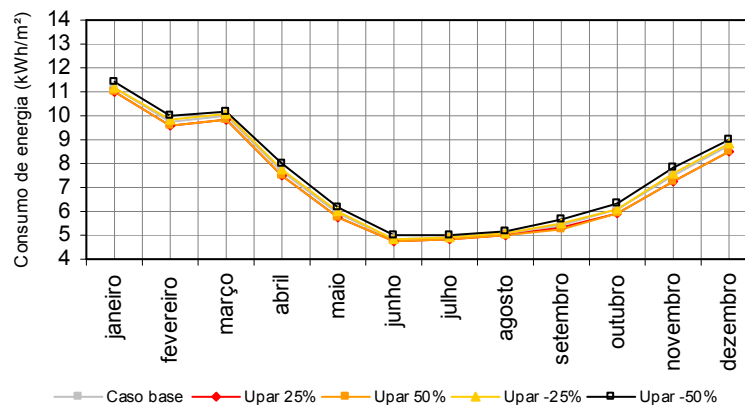


Fig. 4.51: Consumo de energia das variações da transmitância térmica das paredes.

A Fig. 4.52 apresenta a variação percentual do consumo de energia do edifício em função da transmitância térmica das paredes.

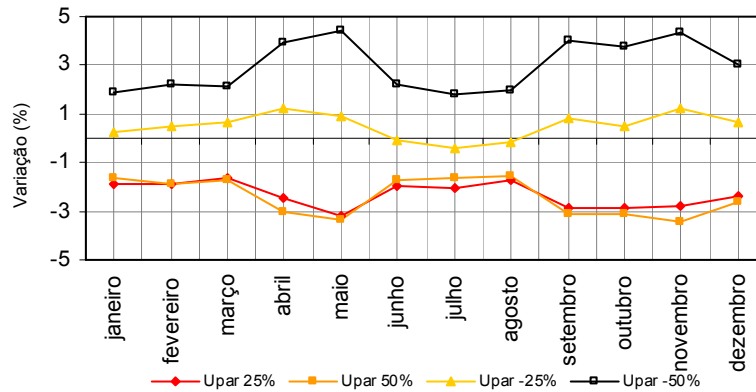


Fig. 4.52: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da transmitância térmica das paredes.

A Tabela 4.21 apresenta o consumo anual de energia com relação à transmitância térmica das paredes. Como descrito na metodologia, as transmitâncias foram calculadas. A partir da transmitância térmica obtida para o caso base, foram variadas para mais e para menos 25% e 50% do valor. A transmitância térmica obtida para o caso base foi de 2,47W/(m².K). Os demais valores de transmitâncias térmicas obtidos para as simulações estão apresentados na Tabela 4.21. As características utilizadas para o cálculo das transmitâncias das paredes encontram-se no Apêndice 5.

Tabela 4.21: Consumo anual de energia com relação à transmitância térmica das paredes.

Consumo	Caso base	Upar 25% 3,09 W/(m².K)	Upar 50% 3,70 W/(m².K)	Upar -25% 1,85 W/(m².K)	Upar -50% 1,24 W/(m².K)
Simulado (kWh/m².ano)	87,2	85,2	85,1	87,6	89,7
Variação (%)	-	-2,3	-2,4	0,5	2,9

A Fig. 4.53 apresenta a correlação do consumo anual de energia com a transmitância térmica das paredes.

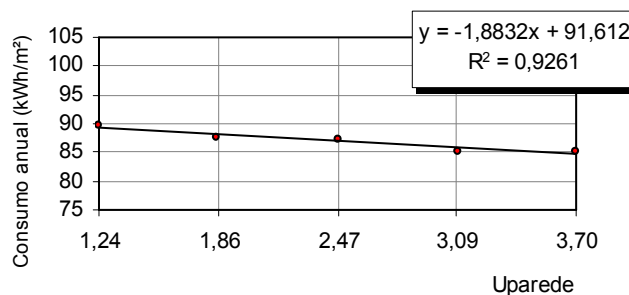


Fig. 4.53: Correlação do consumo anual de energia com a transmitância térmica das paredes.

Nesse parâmetro, a resposta do consumo de energia com relação às variações das transmitâncias térmicas das paredes, não se comporta como o esperado, visto que em trabalhos similares, ao se aumentar a transmitância térmica, ocorre um acréscimo no consumo de energia. Ao analisar o balanço térmico dos casos simulados, percebe-se que, ao se aumentar a transmitância térmica, ocorre perda de calor pelas paredes para o exterior, devido às cargas internas serem elevadas. Com isso, o calor no ambiente interno é reduzido, conseqüentemente implicando no funcionamento do ar condicionado, logo, ocasionando a redução do consumo de energia. O inverso também ocorre, com a transmitância térmica baixa, dificulta-se a saída do calor proveniente dos equipamentos e dos usuários, portanto, implicando no aumento do consumo de energia uma vez que a carga interna está mais elevada devido às menores perdas de calor pelas paredes.

Com relação à cobertura, devido à sua posição relativa no edifício, caracteriza-se como sendo o elemento da envoltória da edificação mais exposta à radiação solar. Em edifícios altos, como o caso base deste estudo, sua influência fica restrita ao último pavimento. No entanto, em edifícios térreos, o seu desempenho é decisivo para manter condições de conforto do ambiente interno. Para esse trabalho, apenas foi considerada a influência da cobertura com relação ao edifício.

A Fig. 4.54 apresenta as curvas de consumo de energia das variações da transmitância térmica da cobertura. Nota-se que o consumo do caso base e dos demais casos se assemelham.

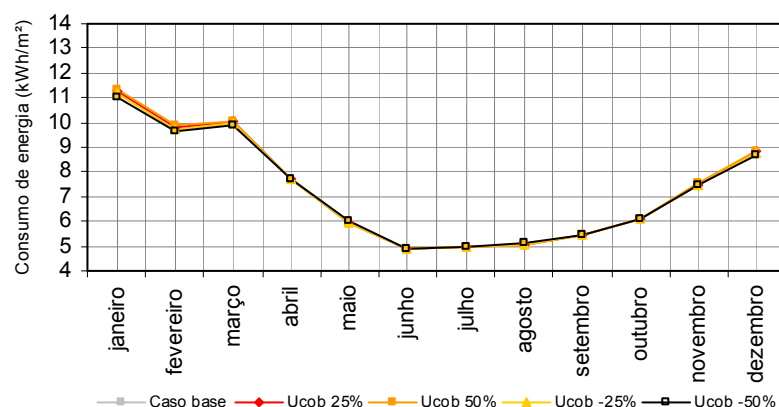


Fig. 4.54: Consumo de energia das variações da transmitância térmica da cobertura.

A Fig. 4.55 apresenta a variação percentual do consumo de energia do edifício em função da transmitância térmica da cobertura. Nota-se que ocorre uma variação do consumo de energia no período mais quente de aproximadamente $\pm 2\%$, quando comparado ao caso base. Ao se reduzir a transmitância térmica da cobertura (-50%), ocorrem comportamentos diferenciados no consumo de energia durante o ano com relação ao caso base. No período de temperaturas mais elevadas, a cobertura com transmitância térmica baixa dificulta a entrada de calor provida do ambiente externo, implicando na redução do consumo com relação ao caso base. No entanto, no período de temperaturas mais amenas, o calor gerado no ambiente interno é maior do que o proveniente do exterior, porém, a cobertura dificulta o fluxo desse calor, acarretando em temperaturas internas acima de 24°C , implicando no acionamento do ar condicionado.

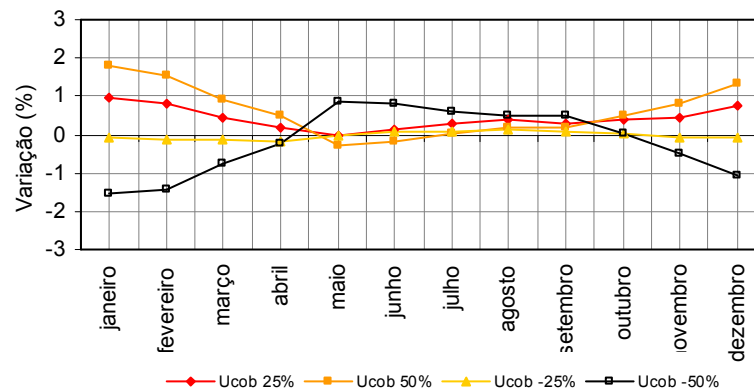


Fig. 4.55: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da transmitância térmica da cobertura.

A transmitância térmica da cobertura foi obtida da mesma maneira que as transmitâncias térmicas das paredes. A transmitância térmica da cobertura obtida para o caso base foi de $2,42\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Os demais valores de transmitâncias térmicas obtidos para as simulações estão apresentados na Tabela 4.22. As características utilizadas para o cálculo das transmitâncias térmicas da cobertura encontram-se no Apêndice 5.

Tabela 4.22: Consumo anual de energia com relação à transmitância térmica da cobertura.

Consumo	Caso base	Ucob 25% 3,03 W/(m ² .K)	Ucob 50% 3,63 W/(m ² .K)	Ucob -25% 1,81 W/(m ² .K)	Ucob-50% 1,21 W/(m ² .K)
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	87,6	87,8	87,1	86,8
Variação (%)	-	0,5	0,7	-0,1	-0,5

Comparando-se os casos de menor e maior consumo, obtém-se uma variação de 1,2%. Observa-se que a redução no consumo de energia é pequena, porém bastante significativa se comparada proporcionalmente com o comportamento das paredes, visto que a área de cobertura é menor que a área de paredes.

A Fig. 4.56 apresenta a correlação do consumo anual de energia com a transmitância térmica da cobertura. Observa-se que ao diminuir a transmitância térmica da cobertura em $1\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$, ocorre uma redução no consumo de energia de 0,5%.

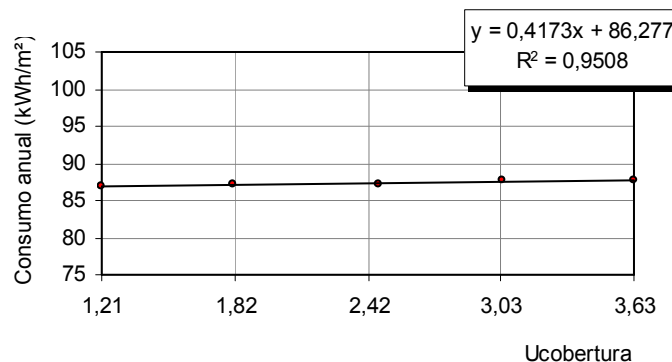


Fig. 4.56: Correlação do consumo anual de energia com a transmitância térmica da cobertura.

Para a análise da transmitância térmica com relação apenas ao pavimento de cobertura, foram utilizadas as cargas de resfriamento. Vale ressaltar que neste aspecto, a zona de circulação, por não ser climatizada, não está sendo considerada na análise. Os relatórios de saída do programa EnergyPlus relacionados ao consumo de energia fornecem dados de consumo médio por zonas, logo, não seria possível analisar em separado o pavimento de cobertura. Portanto, justifica-se a utilização da carga de resfriamento para essa análise. Os parâmetros adotados que influenciam menos da carga de resfriamento, conseqüentemente são os que proporcionam menores alterações do consumo energia e vice-versa.

A Tabela 4.23 apresenta os valores de carga de resfriamento da tipologia predominante (caso base), das variações das transmitâncias térmicas e em seguida, os valores de carga de resfriamento do pavimento de cobertura desses casos. Também na Tabela 4.23 estão apresentadas as variações de carga de resfriamento com relação à tipologia predominante e ao pavimento de cobertura da tipologia predominante. Observa-se que, com relação ao edifício, a variação máxima de carga de resfriamento foi de 2,4%. Quando é considerado somente o pavimento de cobertura, ocorreu uma variação de carga de resfriamento de 29,4% para uma

transmitância térmica de 3,63W/(m².K). Essa análise demonstra que ocorrem pequenas variações de carga com relação ao edifício, porém ao se tratar do pavimento que está mais vulnerável às influências da cobertura, as variações de carga e, conseqüentemente do consumo de energia, ocorrem variações bem significativas.

Tabela 4.23: Carga de resfriamento do edifício e do pavimento de cobertura com relação à transmitância térmica.

Carga de resfriamento (kW)	Caso base	Ucob 25% 3,03 W/(m².K)	Ucob 50% 3,63 W/(m².K)	Ucob -25% 1,81 W/(m².K)	Ucob-50% 1,21 W/(m².K)
Edifício	125969	127887	129038	125830	124353
Variação (%)	-	1,5	2,4	-0,1	-1,3
Pav. Cobertura	15216	19487	19697	16440	14069
Variação (%)	-	28,1	29,4	8,0	-7,5

Dando seqüência a análise da influência da transmitância térmica na carga de resfriamento do pavimento de cobertura, a Fig. 4.57 apresenta a correlação desses parâmetros. Nota-se que ao aumentar a transmitância térmica, ocorre um acréscimo na carga de resfriamento.

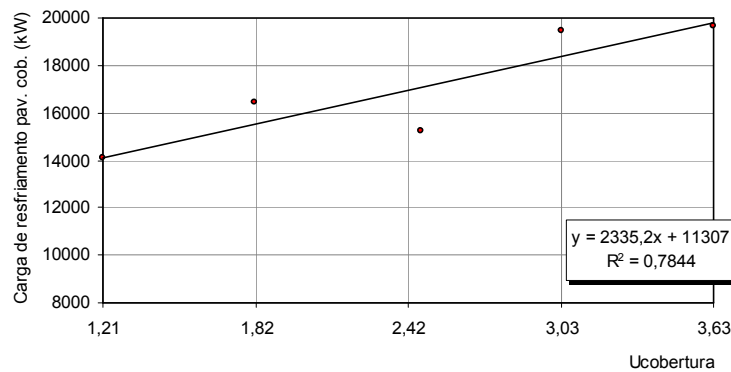


Fig. 4.57: Correlação da carga de resfriamento do pavimento de cobertura com a transmitância térmica da cobertura.

4.5.3.6 Variações da absortância

Nas simulações do edifício que representa a tipologia predominante, foi estabelecido, a partir do estudo de refletâncias da amostra, que as paredes apresentam acabamento superficial de cor cinza. A cor cinza corresponde à refletância igual a 35%, logo, a absortância média é igual a 65%. A Fig. 4.58 mostra

as variações ocorridas no consumo de energia com relação ao caso base no decorrer do ano.

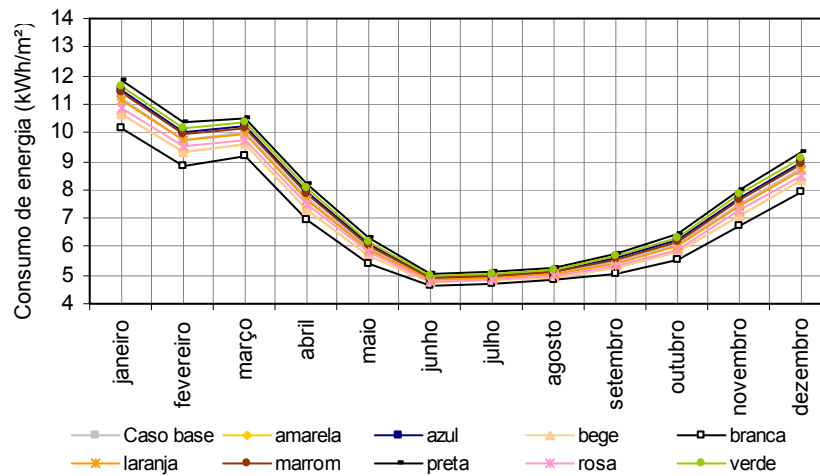


Fig. 4.58: Consumo de energia das variações da absorção das paredes.

A Fig. 4.59 apresenta a variação percentual do consumo de energia do edifício em função da absorção das paredes com relação ao caso base. As variações observadas no consumo de energia, quando a absorção varia do valor mínimo obtido ($\alpha=0,19$) até o máximo ($\alpha=0,9$), ocorre aumento do consumo de energia de 15,1%.

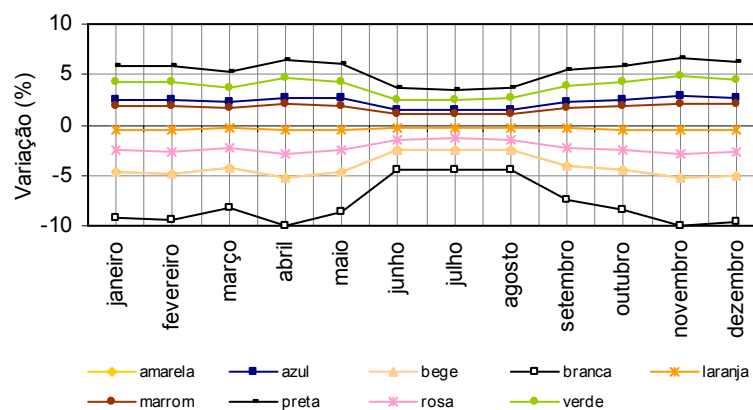


Fig. 4.59: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da absorção das paredes.

A Tabela 4.24 apresenta o consumo anual de energia com relação às absorções médias das paredes externas. Foram simulados, além do caso base, 9 casos cujas cores estão apresentadas na Tabela 4.24 com seus respectivos

percentuais de absorvância. Observa-se que as menores variações com relação ao caso base foram da cor branca, com uma redução do consumo de energia de 8,4%. A maior variação comparada ao caso base foi da cor preta, alcançando um acréscimo do consumo de energia de 5,5%.

Tabela 4.24: Consumo anual de energia com relação à absorvância média das paredes.

Consumo	Caso base	Branca 19%	Amarela 39%	Bege 39%	Laranja 61%	Rosa 61%	Marrom 74%	Azul 75%	Verde 86%	Preta 93%
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	79,9	83,4	83,4	86,8	85,1	88,7	89,2	90,6	92,0
Variação (%)	-	-8,4	-4,4	-4,4	-0,5	-2,4	1,7	2,3	3,9	5,5

Como seqüência da análise da influência da absorvância das paredes no consumo de energia de edificações, foi realizada uma correlação do consumo anual de energia com a absorvância, como mostra a Fig. 4.60. Observa-se que o consumo de energia aumenta em função do aumento da absorvância das paredes, a cada aumento de 10% da absorvância, ocorre aproximadamente um aumento de 1,9% no consumo de energia.

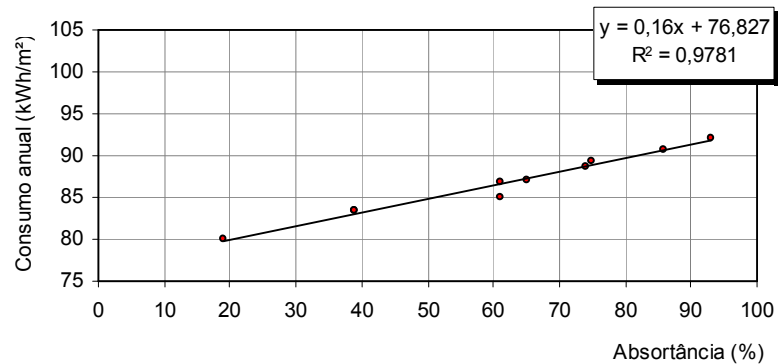


Fig. 4.60: Correlação do consumo anual de energia com a absorvância das paredes.

A alteração da absorvância das paredes é uma alternativa de economia de energia relativamente simples de ser executada, pois na maioria das vezes, basta alterar a tonalidade da pintura do acabamento externo do edifício. Esta medida pode ter seu custo quase nulo se for implementada no período de execução ou reforma da edificação. Desta forma, a economia alcançada pode ser bem significativa.

Para a análise da influência da absorvância na cobertura, foi adotada para o caso base uma absorvância de 70%, caracterizando a cor da telha de fibrocimento

escura, o que também pode ser atribuído à ausência de limpeza desta. A Fig. 4.61 apresenta o consumo de energia no decorrer do ano do caso base e das alterações de absorvância à radiação solar da cobertura.

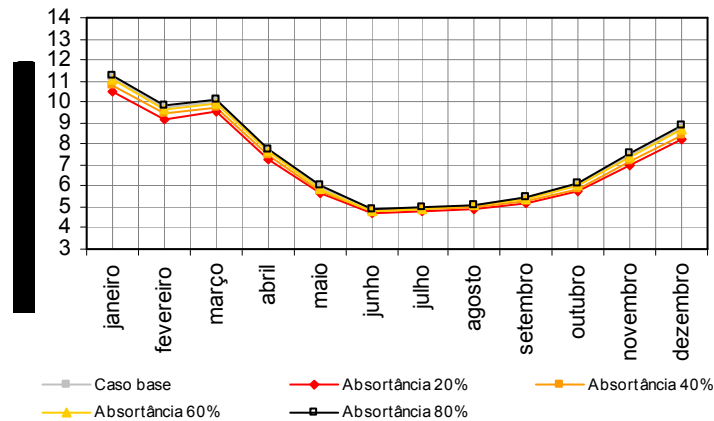


Fig. 4.61: Consumo de energia das variações da absorvância da cobertura.

A Fig. 4.62 mostra a variação percentual do consumo de energia do edifício em função da absorvância da cobertura no decorrer do ano. Observa-se que no mês de novembro ocorrem as maiores variações, chegando a uma redução do consumo de 6,4% para absorvância igual a 20%.

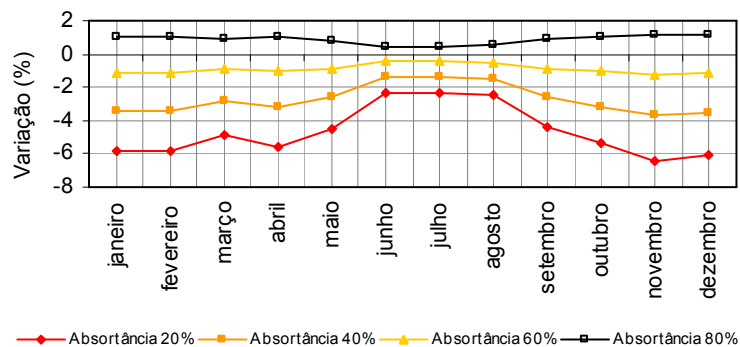


Fig. 4.62: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da absorvância da cobertura.

A Tabela 4.25 apresenta o consumo anual de energia com relação à absorvância da cobertura. Observa-se que houve uma redução do consumo nos casos analisados que possuem absorvâncias inferiores à do caso base. Somente ocorre um acréscimo no consumo de energia para o caso em que a absorvância é superior à do caso base, apresentando 0,9%.

Tabela 4.25: Consumo anual de energia com relação à absorvância média da cobertura.

Consumo	Caso base 70%	20%	40%	60%	80%
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	82,8	84,6	86,3	88,0
Varição (%)	-	-5,0	-3,0	-1,0	0,9

Como se pode analisar na Fig. 4.63, as absorvâncias adotadas para a cobertura demonstraram uma relação linear com o consumo de energia. Ao se aumentar a absorvância em 10%, aumenta-se o consumo de energia em 1%.

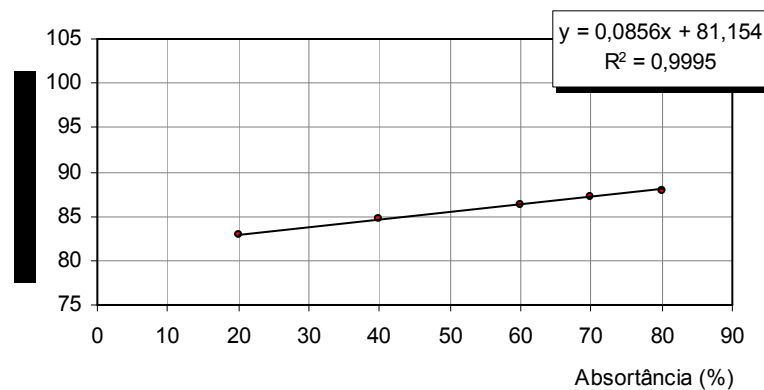


Fig. 4.63: Correlação do consumo anual de energia com a absorvância da cobertura.

Destaca-se a importância de medidas de conservação de energia relacionadas à cobertura, já que neste caso sua influência é limitada devido à sua área ser pequena, quando comparada à área total do edifício. Neste caso, destaca-se também a simplicidade de tal medida, pois a mesma pode ser associada à manutenção e limpeza da cobertura.

A mesma análise realizada para verificar a influência da transmitância térmica na carga de resfriamento foi realizada para verificar a influencia da absorvância apenas considerando o pavimento de cobertura. A Tabela 4.26 apresenta os dados de carga de resfriamento correspondentes às absorvâncias adotadas e à absorvância obtida para o caso base. Nota-se, ao se comparar os edifícios, que as variações com relação à carga de resfriamento são significativas. No entanto, ao se analisar somente o pavimento de cobertura, essas variações são maiores, chegando até 40,3% de redução de carga de resfriamento.

Tabela 4.26: Carga de resfriamento do edifício e do pavimento de cobertura com relação à absorvância.

Carga de resfriamento (kW)	Caso base 70%	20%	40%	60%	80%
Edifício	125969	107660	115210	122429	129479
Variação (%)	-	-14,5	-8,5	-2,8	2,8
Pav. Cobertura	15216	9083	11502	13962	16485
Variação (%)	-	-40,3	-24,4	-8,2	8,3

Com relação à carga de resfriamento do pavimento de cobertura, nota-se uma grande influência da absorvância. A Fig. 4.64 apresenta a correlação desses parâmetros. Ao se alterar a absorvância em 10%, ocorre uma variação aproximada de carga de resfriamento de 14%.

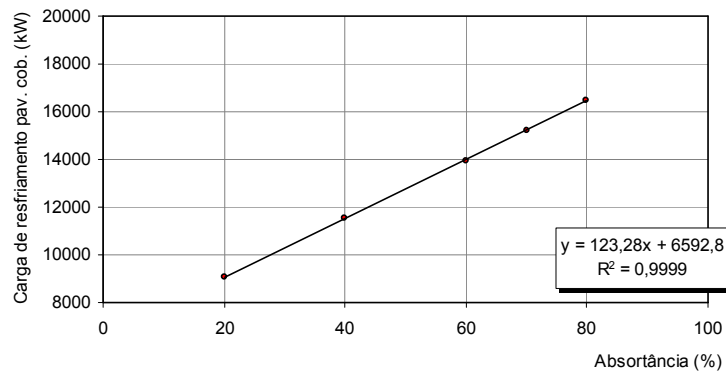


Fig. 4.64: Correlação da carga de resfriamento do pavimento de cobertura com a absorvância da cobertura.

4.5.3.7 Variações da orientação

Para analisar a influência da orientação no consumo de energia do edifício, o caso base foi adotado com suas características fixas, somente diferenciando a orientação da fachada principal, como apresentado na Fig. 4.65.

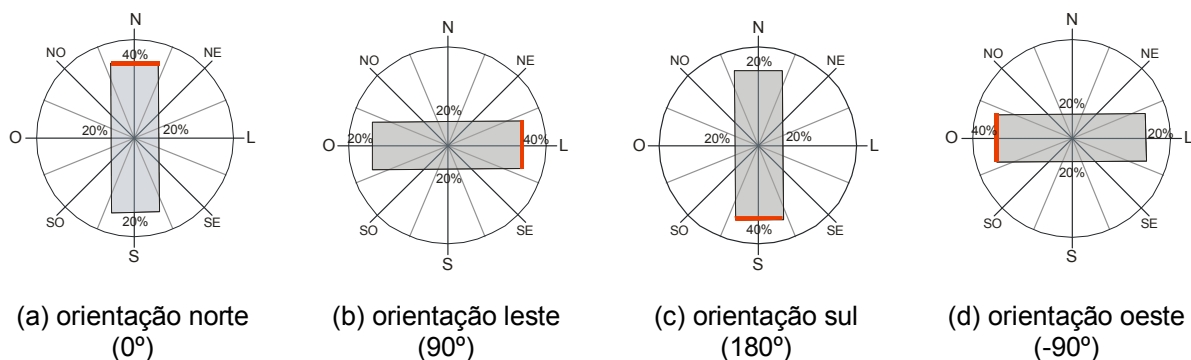


Fig. 4.65: Casos simulados para a análise da orientação.

Os resultados de consumo de energia dos casos analisados relacionados à orientação são similares, como se pode observar na Fig.4.66.

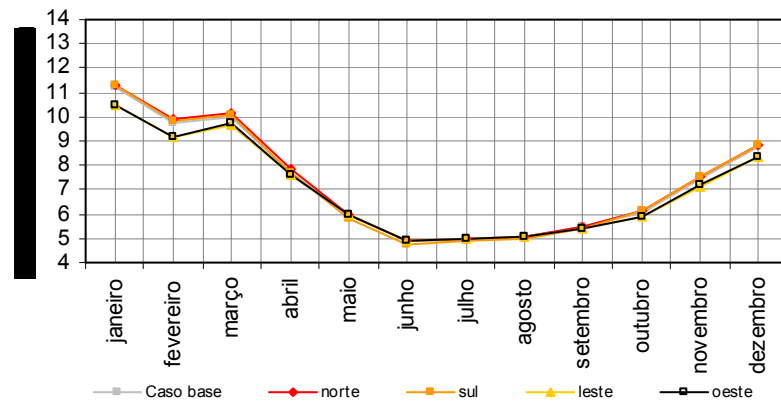


Fig. 4.66: Consumo de energia das variações das orientações.

A única situação em que durante todo o ano apresenta o consumo mais elevado que o caso base é o edifício com a fachada principal voltada para norte. As demais orientações apresentam oscilações do consumo de energia decorrentes da altitude solar que ocorrem durante o dia e o ano. A Fig. 4.67 apresenta as variações do consumo de energia com relação ao caso base. No verão, quando a fachada principal está voltada para leste e oeste ocorre redução no consumo de energia comparada ao caso base, cuja fachada está voltada para nordeste, devido as diferenças de hora de sol incidentes nessas fachadas, ora sol incidindo no começo da manhã, ora sol incidindo no final da tarde.

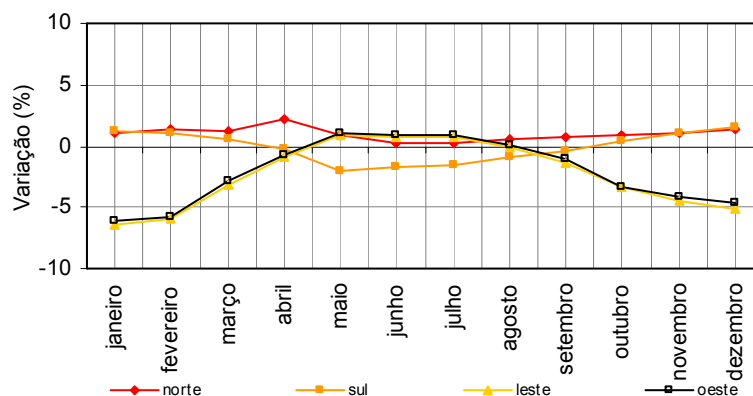


Fig. 4.67: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da orientação.

A Tabela 4.27 apresenta o consumo anual de energia com relação à orientação. Observa-se que o caso que apresentou maior variação de consumo de energia foi o edifício com a fachada principal voltada para a orientação leste, no qual ocorreu uma redução no consumo de 3,1%. Ao comparar os casos que obtiveram maior e menor consumo, edifício com a fachada principal voltada para norte e leste respectivamente, nota-se um acréscimo no consumo anual de 3,6kWh/m², apresentando uma variação no consumo de 4,3%.

Tabela 4.27: Consumo anual de energia com relação à orientação.

Consumo	Caso base 45°	Norte 0°	Sul 180°	Leste 90°	Oeste -90°
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	88,1	87,3	84,5	84,7
Variação (%)	-	1,0	0,1	-3,1	-2,9

De acordo com a Fig. 4.68, a orientação solar do edifício e o consumo de energia não apresentam uma relação linear. O consumo de energia varia de acordo com a posição da edificação, embora seja uma variação pequena. Nota-se que os consumos de energia são semelhantes quando a fachada de maior PjF está voltada para leste e oeste, e também próximas quando a mesma fachada está voltada para norte e sul.

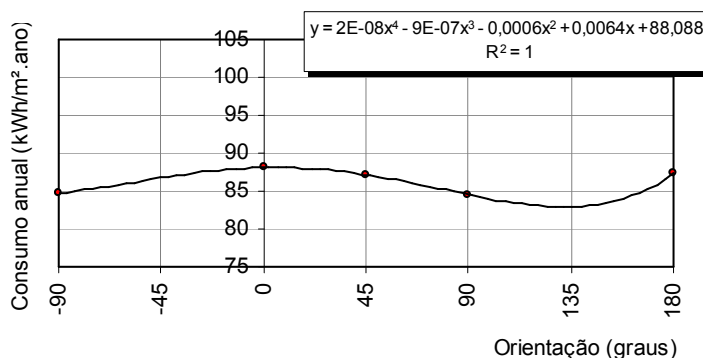


Fig. 4.68: Correlação do consumo anual de energia com a orientação solar.

4.5.3.8 Variações da atividade profissional

Este tópico apresenta a avaliação da influência do consumo de energia em função da atividade profissional. Os escritórios de advocacia e de engenharia

possuem equipamentos semelhantes, sendo assim, mais adequado à comparação. O mesmo não ocorre com os escritórios de medicina e odontologia, pois, para a análise aprofundada destes, o levantamento da potência dos equipamentos específicos de cada área deveria ser realizado. No entanto, a análise foi realizada desconsiderando os equipamentos específicos de cada área. Os escritórios possuem as mesmas características do caso base, apenas foram alterados os padrões de ocupação e de uso de equipamentos, obtidos do estudo de Moreira (2005). A Fig. 4.69 apresenta os padrões de ocupação para as atividades de advocacia, odontologia, medicina e engenharia.

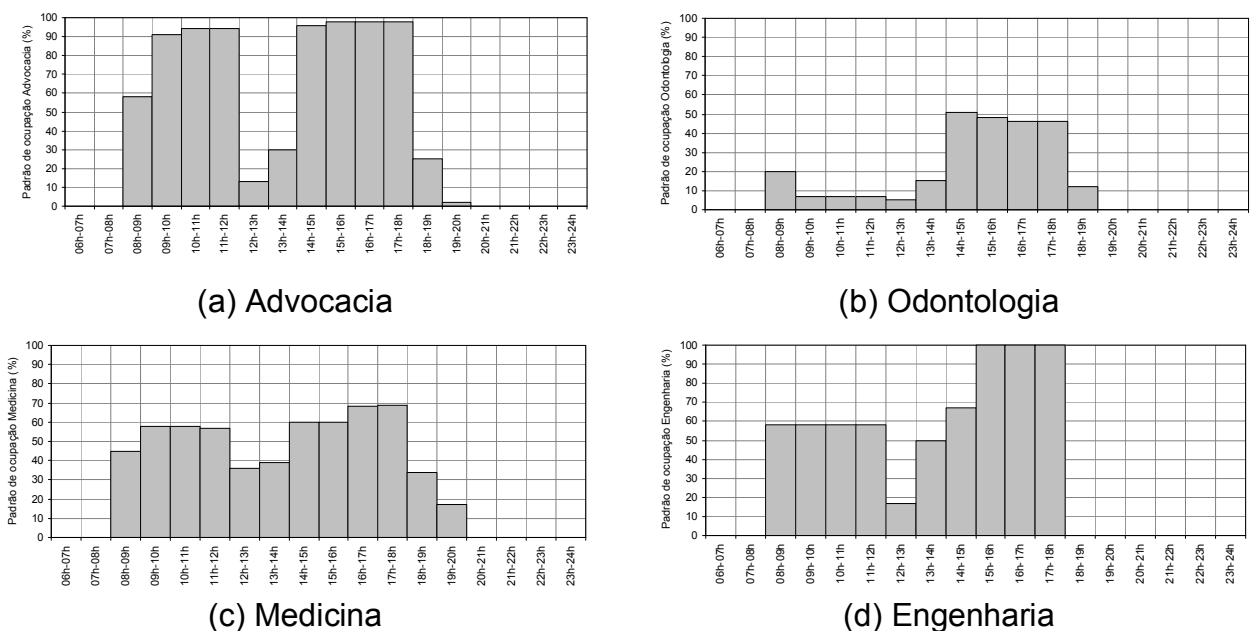
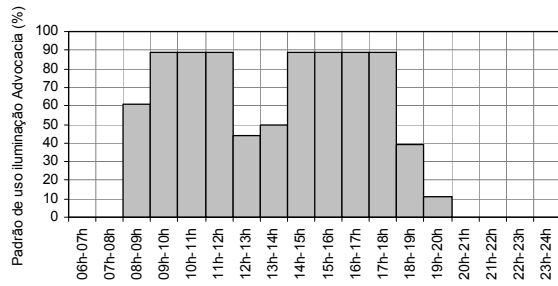
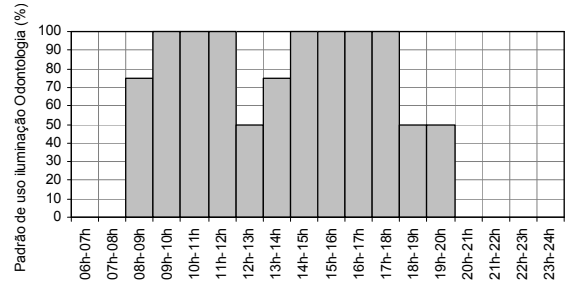


Fig. 4.69: Padrão de ocupação das atividades profissionais.

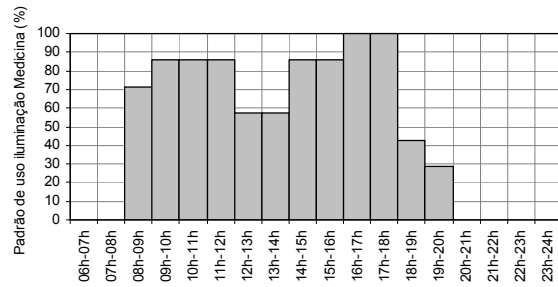
A seguir, as Figs. 4.70 a 4.72, apresentam os padrões de uso de equipamentos utilizados nos escritórios das atividades profissionais descritas acima. Com os padrões específicos para cada atividade, pôde-se caracterizar o edifício de acordo com a atividade e assim, verificar o consumo anual de energia.



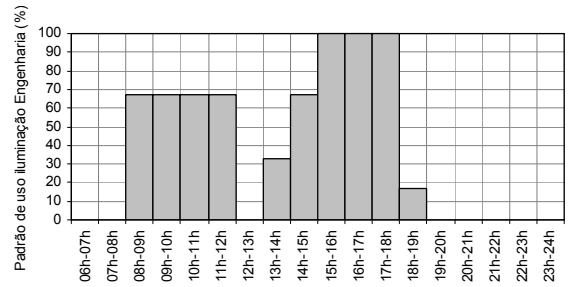
(a) Advocacia



(b) Odontologia

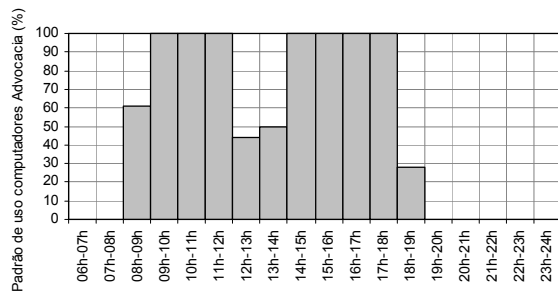


(c) Medicina

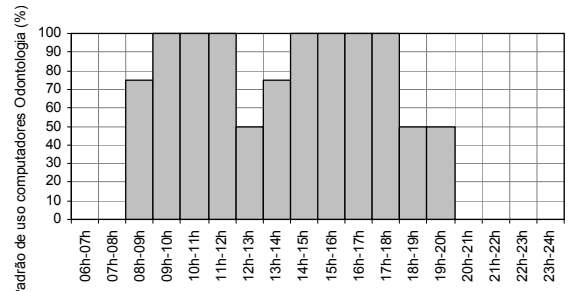


(d) Engenharia

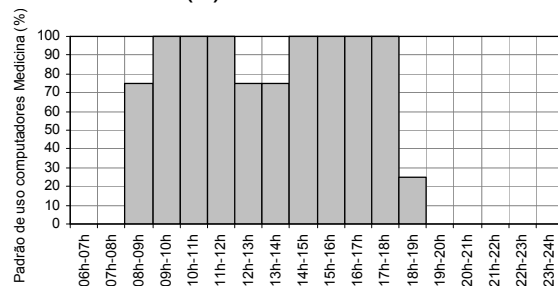
Fig. 4.70: Padrão de uso de iluminação.



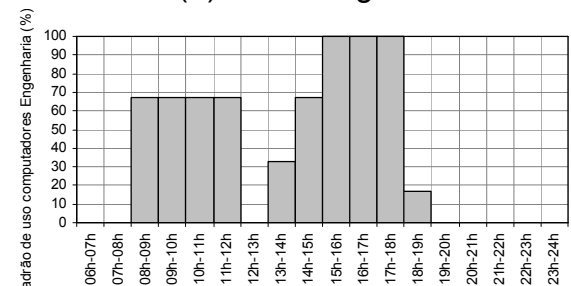
(a) Advocacia



(b) Odontologia



(c) Medicina



(d) Engenharia

Fig. 4.71: Padrão de uso de computador.

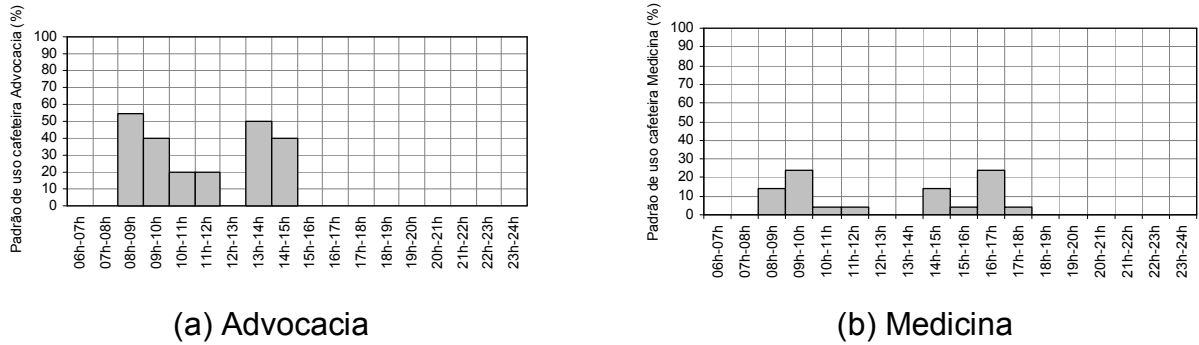


Fig. 4.72: Padrão de uso de cafeteira.

A Fig. 4.73 apresenta o consumo de energia em função da atividade profissional. As curvas mais interessantes para análise são as de advocacia e de engenharia, pelo motivo já descrito anteriormente. Nota-se que os edifícios com um tipo de ocupação consomem menos energia que o caso base que corresponde a uma ocupação diversificada. A Fig. 4.74 apresenta essa variação do consumo de energia para as diferentes ocupações.

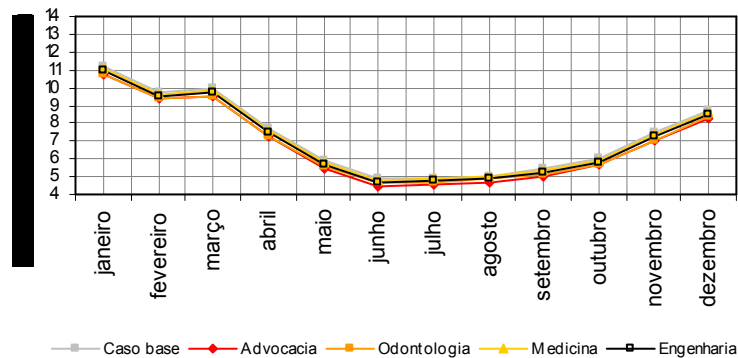


Fig. 4.73: Consumo de energia das variações das atividades.

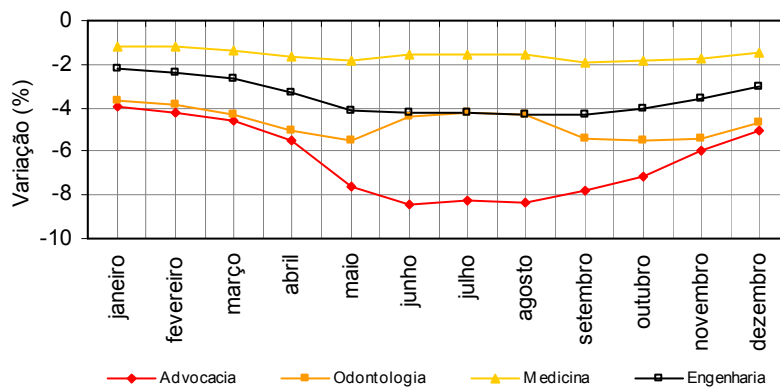


Fig. 4.74: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da atividade.

A Tabela 4.28 apresenta o consumo anual de energia com relação à atividade profissional. Também estão apresentadas as variações do consumo de energia quando comparadas ao consumo de energia do caso base. Observa-se que o edifício com apenas escritórios de engenharia pode alcançar uma redução no consumo de energia de 5,9% em relação ao caso base que possui padrões médios de ocupação e uso de equipamentos. Ao se analisar a variação do consumo de energia relacionado ao padrão de ocupação e uso de equipamentos, observou-se a importância de se adotar para as simulações padrões mais próximos à realidade, visto que existe influência considerável desse parâmetro. Para padrões de uso de equipamentos mais próximos da realidade, um estudo mais aprofundado de equipamentos específicos seria ideal.

Tabela 4.28: Consumo anual de energia com relação à atividade profissional.

Consumo	Caso base	Advocacia	Odontologia	Medicina	Engenharia
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	82,0	83,1	85,8	84,3
Variação (%)	-	-5,9	-4,7	-1,6	-3,3

4.5.3.9 Variações da eficiência de aparelhos de ar condicionado

Para analisar a influência da eficiência energética de aparelhos de ar condicionado no consumo de energia do edifício, foram variados os valores dos coeficientes de performance e comparados os resultados ao consumo de energia do caso base. A Fig. 4.75 apresenta as curvas de consumo de energia dos casos simulados. Nota-se claramente que o consumo do edifício que possui o aparelho de ar condicionado de eficiência G (COP 1,82) é maior que os demais casos.

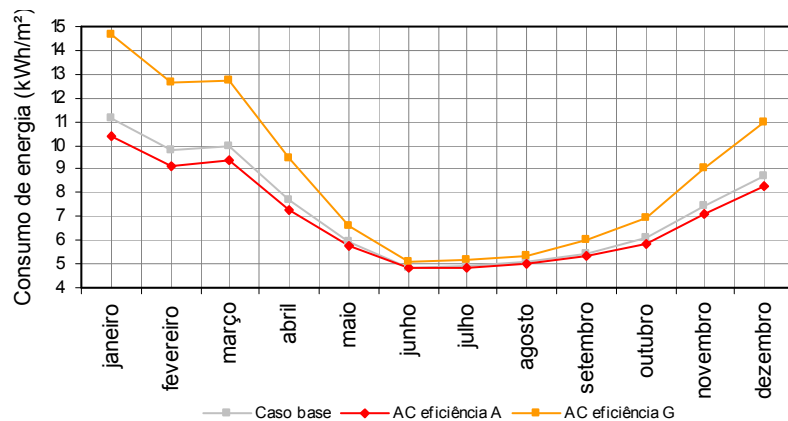


Fig. 4.75: Consumo de energia das variações de eficiência do aparelho de ar condicionado.

Observa-se na Fig. 4.76 que, no período mais quente do ano para o clima da cidade em estudo, o aparelho de ar condicionado com eficiência G pode alcançar um acréscimo no consumo de energia em torno de 35% quando comparado ao de eficiência A.

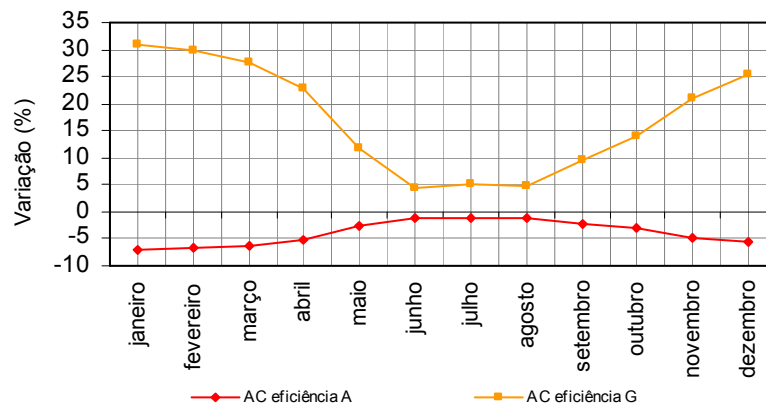


Fig. 4.76: Variação percentual do consumo de energia do edifício em função da eficiência do aparelho de ar condicionado.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 4.29, nota-se que o menor consumo de energia de um edifício é obtido ao se utilizar um aparelho de ar condicionado com eficiência A. O caso base também possui um aparelho de ar condicionado eficiente com classificação A, ocasionando uma variação no consumo de energia de 4,5% com relação ao sistema mais eficiente. Esse fato demonstra que pode ocorrer variação no consumo de energia ao se utilizar aparelhos de ar condicionado com a mesma classificação.

Ao se comparar o caso de pior com o de melhor desempenho energético, observa-se que ocorreu um acréscimo no consumo anual de energia de 21,4kWh/m², correspondendo a 25,7% do consumo final de energia.

Tabela 4.29: Consumo anual de energia com relação à eficiência do aparelho de ar condicionado.

Consumo	Caso base COP 2,8	AC eficiência A COP 3,15	AC eficiência G COP 1,82
Simulado (kWh/m ² .ano)	87,2	83,2	104,6
Variação (%)	-	-4,5	20,0

A Fig. 4.77 apresenta a correlação do consumo anual de energia com a eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado. Nota-se que os parâmetros analisados apresentam uma relação linear, ou seja, o consumo de energia decresce em 1,7% com o aumento de 0,1W/W de eficiência energética do aparelho de ar condicionado.

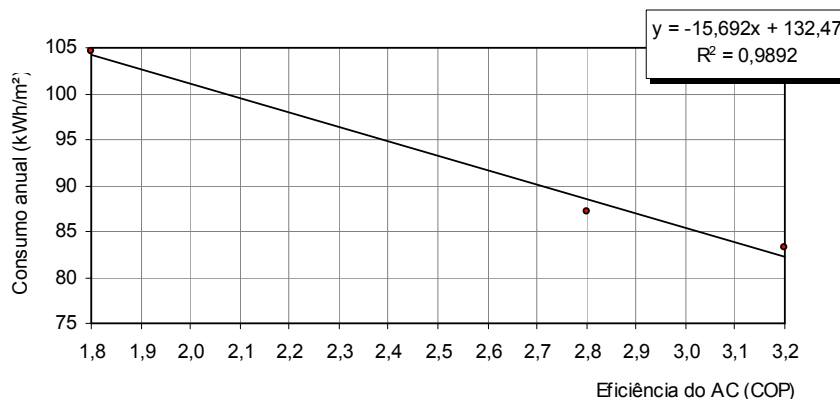


Fig. 4.77: Correlação do consumo anual de energia com a eficiência energética dos aparelhos de ar condicionado.

4.6 Considerações finais

O capítulo 4 apresentou os resultados alcançados na pesquisa, que consiste na análise da influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de uma edificação composta por escritórios e localizada na cidade de Florianópolis.

A proposta metodológica de levantamentos de dados, de definição de um modelo representativo da realidade construtiva e das simulações termo-energéticas, apresenta-se apropriada para se analisar o desempenho energético de uma

edificação. A Fig. 4.78 apresenta o esquema adotado para o procedimento metodológico.

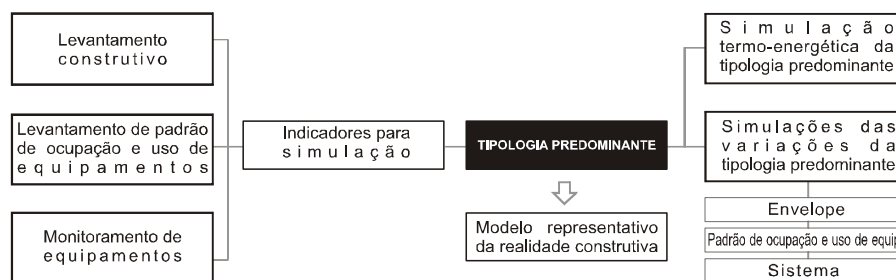


Fig. 4.78: Procedimento metodológico adotado.

Através dos gráficos apresentados no capítulo de Resultados, observaram-se diferentes comportamentos com relação ao consumo de energia das variáveis adotadas.

Ao se realizar a análise da influência dos parâmetros construtivos, pôde-se dividi-la em três partes: os parâmetros que envolvem o envelope; os parâmetros que envolvem padrão de ocupação e uso de equipamentos e; o parâmetro que envolve o sistema de ar condicionado.

A Tabela 4.30 apresenta resumidamente a resultados obtidos das correlações dos parâmetros construtivos com o consumo de energia, e de carga de resfriamento para o caso da análise da transmitância térmica e da absorvância da cobertura para o último pavimento.

Tabela 4.30: Variações do consumo de energia e carga de resfriamento com relação aos parâmetros construtivos.

Varição do parâmetro construtivo	Varição do consumo de energia
10% PJF	2,9%
10% absorvância das paredes	1,9%
10° AVS	1,8%
1h de sol incidente (entorno analisado)	1,0%
10% absorvância da cobertura	1,0%
0,1 fator solar	0,6%
10% transmitância térmica das paredes	0,5%
10% transmitância térmica da cobertura	0,1%
0,1W/W	1,6%
Varição do parâmetro construtivo	Varição do carga de resfriamento
10% transmitância térmica da cobertura	8% (pavimento de cobertura)
10% absorvância da cobertura	14% (pavimento de cobertura)

No capítulo seguinte são apresentadas as conclusões deste trabalho e as considerações finais.

5.1 Conclusões gerais

Este capítulo refere-se às conclusões que são extraídas das análises realizadas a partir dos resultados obtidos descritos no capítulo de Resultados desta dissertação, juntamente com suas limitações e propostas para trabalhos futuros.

Este trabalho, cujo objetivo principal é diagnosticar a situação de edifícios de escritório localizados em Florianópolis – SC e avaliar a influência de parâmetros construtivos com relação ao consumo de energia, apresenta um estudo dos resultados obtidos dos levantamentos de dados e das simulações termo-energéticas utilizando o programa EnergyPlus.

De acordo com a literatura revista e com os resultados obtidos neste trabalho, percebe-se a importância da escolha dos materiais e da adequação da edificação ao clima com o intuito de alcançar melhores níveis de eficiência energética. Esses aspectos influenciam no consumo de energia de uma edificação, portanto devem ser considerados no projeto. Por muitas vezes, estudos e medidas simples implicam em uma redução significativa do consumo de energia.

No capítulo 3, foi exposto todo o procedimento metodológico utilizado. Resumidamente, pode-se dizer que a metodologia consiste na análise da amostra das tipologias construtivas, do padrão de ocupação e de uso de equipamentos, do monitoramento de equipamentos, da definição de uma tipologia predominante e, finalmente, na análise da influência de parâmetros construtivos no consumo de energia através de simulação computacional.

A proposta metodológica de levantamentos de dados, de definição de um modelo representativo da realidade construtiva e das simulações termo-energéticas, apresenta-se apropriada para a análise do desempenho energético de edificações.

O levantamento construtivo realizado na Secretaria de Urbanismo e Serviços Públicos (SUSP), o levantamento *in loco* e o levantamento fotográfico, forneceram informações da amostra de edifícios de escritório. A partir da análise de frequência dos dados, foi obtido um modelo representativo para a cidade de Florianópolis.

A partir do levantamento *in loco* realizado em alguns escritórios da amostra de edificações, foi possível obter os padrões de ocupação e uso de equipamentos, principalmente das atividades profissionais mais representativas. Como os padrões obtidos foram utilizados como dados de entrada para as simulações computacionais, possibilitaram uma maior aproximação da simulação com a realidade.

Com relação às simulações, primeiramente, foi realizada aquela correspondente à tipologia predominante, caso base das simulações. Em seguida, foram simuladas as variações dessa tipologia predominante que abrangem alguns parâmetros que podem ser divididos em: os parâmetros que constituem o envelope; os parâmetros que envolvem padrão de ocupação e uso de equipamentos e; o parâmetro que envolve o sistema de ar condicionado. Os parâmetros analisados que envolvem o envelope são: fator de projeção; entorno; coeficiente de sombreamento dos vidros; percentual de área de janela na fachada; transmitância térmica das paredes e da cobertura; absorvância das paredes e da cobertura e; orientação. O padrão de ocupação e uso de equipamentos está relacionado à atividade profissional. Por fim, o parâmetro analisado que envolve o sistema de ar condicionado é a eficiência do mesmo.

No capítulo 4, correspondente aos Resultados, a análise das simulações computacionais foi realizada de forma comparativa, sempre verificando a resposta da variação de uma alteração com o caso base. Também foram realizadas correlações dos parâmetros analisados com o consumo de energia, e, em dois casos específicos (transmitância térmica e absorvância da cobertura) foram feitas correlações destes com a carga de resfriamento.

Dentre os parâmetros analisados do envelope do edifício, alguns foram mais representativos. O percentual de área de janela na fachada (PJF) destacou-se como o que apresentou maior influência na variação do consumo de energia; a cada 10% de aumento do PJF, ocorreu um acréscimo do consumo de energia de 2,9%. A abertura é um dos componentes mais sensíveis da edificação, sendo aquele componente fundamental para a obtenção da eficiência energética, conforto térmico e luminoso das edificações. A grande influência deste parâmetro está ligada aos ganhos e às perdas de calor, com isso, a necessidade de se dimensioná-lo corretamente.

A absorvância das paredes apresentou resultados significativos, principalmente quando o edifício possui grandes áreas de parede como o caso da tipologia predominante. Observou-se uma variação no consumo de energia de 1,9% ao se alterar a absorvância em 10%. Ao se comparar o caso de menor com o de maior absorvância, ou seja, alteração da cor das paredes externas de clara para escura, aumentou-se o consumo de energia em 15,1%.

O parâmetro relacionado ao fator de projeção dos casos simulados, onde foram analisados diferentes tipos de brise, sendo que cada tipo foi modelado para todas as orientações, obteve uma variação máxima no consumo de energia com relação ao caso base de aproximadamente 12%. No entanto, ao se analisar os brises horizontais, a cada 10° de aumento do ângulo vertical de sombreamento, o consumo de energia varia em 1,8%.

Para o entorno específico considerado neste estudo, verificou-se a cada 1 hora de sol que incide na edificação, ocorre uma variação de 1% no consumo de energia. Porém, mesmo que o entorno obstrua a incidência do sol na edificação levando a uma redução do consumo, este possui alguns aspectos negativos, como por exemplo, a obstrução da vista para o exterior, a obstrução em excesso da iluminação e da ventilação natural. Esses aspectos negativos podem não ocorrer no caso dos elementos de proteção solar. Estes, quando corretamente projetados, podem reduzir a admissão de luz e calor e também, podem melhorar a capacidade de distribuição de luz natural no interior do ambiente dependendo do tipo de sistema adotado.

Quanto à absorvância da cobertura, visto que possui área reduzida ao se comparar com a área de parede do edifício analisado, obteve-se uma variação significativa. O consumo de energia da edificação varia em 1% ao se alterar a absorvância da cobertura em 10%. Destaca-se, ainda, que o desempenho desse parâmetro com relação à cobertura está intimamente ligado à manutenção e limpeza da cobertura, medida esta que não acarreta custos adicionais.

Como visto no capítulo de Resultados, a resposta do consumo de energia com relação às variações das transmitâncias térmicas das paredes, não se comporta como o esperado, neste estudo, ao se aumentar a transmitância térmica das paredes, ocorre uma redução no consumo de energia. A variação nos valores de transmitância térmica das paredes, não apresentou variações significativas no consumo de energia, não justificando esse parâmetro ser utilizado como medida de conservação de energia e, conseqüentemente, eficiência energética de uma edificação. Ocorreu neste caso, uma variação de 0,5% no consumo de energia ao se alterar a transmitância térmica das paredes em 10%, variação esta pouco influente quando comparada à variação de outros parâmetros.

Os parâmetros que influenciaram pouco no consumo de energia foram os relacionados ao fator solar dos vidros, à transmitância térmica da cobertura e, à

orientação. Com relação ao fator solar dos vidros, observou-se a cada variação de 0,1 de fator solar, ocorreu uma alteração no consumo de energia de 0,6%. Ao se comparar a área de cobertura com a área de paredes, medidas relacionadas com a cobertura são mais significativas em termos de consumo final de energia do que aquelas relacionadas com as paredes. Já com relação ao fator solar dos vidros, a pequena variação pode ser justificada pelo pequeno P_{JF} adotado para o edifício, onde a maior variação neste caso, comparada ao caso base, atingiu 3,5%.

Quanto à análise de carga de resfriamento realizada para o pavimento de cobertura (relacionada à transmitância e absorvância da cobertura), obtiveram-se variações significativas. A se alterar a transmitância térmica nas faixas adotadas para a análise desse parâmetro, atingiu uma variação máxima de carga de resfriamento para o pavimento de cobertura de 29,4%, enquanto para o edifício, atingiu uma variação de 1,5%. Para cada 10% de variação da transmitância térmica da cobertura, a carga de resfriamento aumentou-se em 8%. Para as variações de absorvância da cobertura, obteve-se uma variação de carga de resfriamento de 40,3% para o pavimento de cobertura e 14,5% para o edifício. Para cada 10% de variação da absorvância da cobertura, a carga de resfriamento se alterou em 14%. Demonstra-se, mais uma vez, que medidas relacionadas à cobertura são importantes, principalmente com relação ao consumo de energia do pavimento que está mais sensível ao desempenho desta.

A forma de adotar o padrão de ocupação e uso de equipamentos apresentou ser um parâmetro importante devido às diferenças na resposta do consumo de energia, com relação às modificações realizadas de acordo com a atividade profissional correspondente. A variação da alteração dos padrões atingiu uma redução no consumo de 5,9% quando comparado aos padrões médios adotados no caso base.

Com relação ao sistema de ar condicionado, verificou-se uma das maiores variações no consumo de energia. Ao se variar de um sistema mais eficiente para um menos eficiente, observou-se um aumento do consumo de energia de 25,2%. A cada 0,1W/W de eficiência do aparelho, varia o consumo de energia do edifício em 1,6%.

Assim, a partir do trabalho apresentado, permitiu-se demonstrar os parâmetros que mais influenciaram no consumo de energia de uma tipologia predominante localizada na cidade de Florianópolis, uma vez que para a definição

dessa tipologia, buscou-se a maior aproximação com a realidade construtiva local. O estudo auxilia dessa forma, meios de adequar esse tipo de edificação ao clima de estudo e garantir melhores níveis de eficiência energética.

5.2 Limitações do trabalho

Como a metodologia utilizada baseou-se em levantamentos de dados construtivos e levantamentos *in loco* para a definição de uma tipologia representativa, deve-se considerar que a coleta de dados foi sujeita a algumas limitações.

Observaram-se várias incoerências nos dados fornecidos pela SUSP, tais como a ausência de informações básicas de projeto e dificuldade de contato com os responsáveis pelas obras.

Em alguns casos, os dados fornecidos pelos usuários com relação à ocupação e ao uso de equipamentos não eram confiáveis, além da dificuldade de responderem ao questionário.

Os dados de densidade de carga interna não foram suficientes para representar a amostra de edifícios de escritório, visto que foram monitorados apenas dois escritórios. Para o monitoramento, o acesso aos escritórios foi muito restrito.

Com relação às simulações, pelo programa computacional utilizado ser de caráter multidisciplinar, exigiu muita dedicação para o estudo de seus manuais e material correlato, disponibilizando de mais tempo que o previsto para cumprir essa etapa do trabalho.

Algumas falhas na modelagem do caso base influenciaram na resposta do consumo de energia, principalmente ter adotado pavimento tipo no andar térreo do edifício. O mais adequado seria modelar o pavimento térreo como recepção, com menor densidade de carga interna.

5.3 Sugestões para trabalhos futuros

Para sugestões para trabalhos futuros acerca do tema influência de parâmetros construtivos no consumo de energia de edifício de escritório, podem ser investigados:

Definição de uma amostra maior de edificações de escritório para maior representatividade das características adotadas para o caso base.

Realização de mais monitoramentos de escritórios a fim compreender os usos de energia para esse tipo de edificação e, elaborar uma base de dados de equipamentos comumente utilizados.

Elaboração de mais alternativas de casos para serem simulados a fim de verificar a influência no consumo de energia.

Detalhamento de um único parâmetro para a análise aprofundada.

Adoção da metodologia para outros tipos de edifícios tais como escolas, hospitais, hotéis.

Estudos de desempenho térmico, luminoso e de custos correlacionando com o consumo de energia de edifícios de escritório, uma vez que neste estudo foi analisado apenas o desempenho energético.

Comparações com os dados simulados com os dados reais de consumo de energia.

Referências bibliográficas

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1**. Desempenho térmico de edificações: Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a. 7p.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b. 21p.

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3**. Desempenho térmico de edificações: Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005c. 23p.

AMARAL, C. S.. **Escritório: o Espaço de Produção Administrativa em São Paulo**. São Paulo, 1995. Dissertação de mestrado – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo - Universidade de São Paulo.

ANSI/ASHRAE. *Standard Method of Test for the Evaluation of Buildings Energy Analysis Computers Programs*. ANSI/ASHRAE Standard: 140-2001. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2001.

ASHRAE. *Energy Code Conservation in New Building Design*. ASHRAE Standard: 90-1975. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1975.

ASHRAE. *Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. ASHRAE Standard: 90.1-1989. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1989.

ASHRAE. *Energy Code for Commercial and High-rise Residential Buildings*. ASHRAE. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1993.

ASHRAE. *Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. ASHRAE Standard: 90.1-1999. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 1999.

ASHRAE. *Energy Efficient Design of New Buildings Except Low-Rise Residential Buildings*. ASHRAE Standard: 90.1-2004. American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, 2004.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**, Brasília, 2002. p. 200.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balanco Energético Nacional**, Brasília, 2003. p. 168.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional**, Brasília, 2005.

BULLA, A. L.. **Análise paramétrica do desempenho termo-energético de um edifício de escritórios**. Florianópolis, SC. UFSC. 1995. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.

BULLA, A. L.; LAMBERTS, R.. Parametrização do desempenho térmico de edifícios comerciais em Florianópolis. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, III, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado. ENCAC. 1995.

CARLO, J. C.. AET Nº 02/04 Elaboração de regulamentação e classificação de edificações eficientes. **Processamento de arquivos climáticos para simulação de desempenho energético de edificações**. Florianópolis, UFSC 2005. 28 p. (Relatório Técnico-200504).

CARLO, J. C.; TOCCOLINI, G.. AET Nº 02/04 Elaboração de regulamentação e classificação de edificações eficientes. **Levantamento de dados visando a definição de protótipos de edificações brasileiras**. Florianópolis, UFSC 2005. 69 p. (Relatório Técnico-200505).

CARLO, J. C.; GHISI, E.; LAMBERTS, R.; MASCARENHAS, A. C.. Eficiência energética no código de obras de Salvador. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, VII, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba. ENCAC. 2003. CD-ROM

CARLO, J. C.; GHISI, E.; LAMBERTS, R.. *Energy Efficiency Building Code of Salvador, Brazil*. In: The 20th Conference on Passive Low Energy Architecture, Santiago, 2003. **Proceedings...** Santiago: PLEA, 2003b. *Documento Eletrônico*

CARLO, J. C.; PEREIRA, F.; LAMBERTS, R.. Iluminação natural para redução do consumo de energia de edificações de escritórios aplicando propostas de eficiência energética para o código de obras do Recife. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 10, 2004, São Paulo. **Anais...** São Paulo. ENTAC. 2004. CD-ROM

CBECs, **Commercial Buildings Energy Consumption Survey**. Disponível em: <<http://www.eia.doe.gov/emeu/cbecs/contents.html>>. Acesso em: Dez. 2005.

CHIRARATTANANON, S.; TAWEEKUN, J.. *A technical review of energy conservation programs for commercial and government buildings in Thailand*. **Energy Conversion and Management**, v. 44, p. 743-762, 2003.

CRAWLEY D. B.; LAWRIE, L. K.; WINKELMANN, F. C.; BUHL, W.F.; HUANG, Y. J.; PETERSEN, C. O.; STRAND, R. K.; LIESEN, R. J.; FISHER, D. E.; WITTE, M.; GLASER, J.. *EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program*. **Energy and Buildings**, v. 33/4, p.443-457, 2001.

CRUZ, A. B. S.; GONÇALVES, J.I P.; SILVA, N. F. ; FILHO, R. D. T.; FARBAIM, E. M. 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...** São Paulo. ENTAC. 2004. CD-ROM

DOE. *Low-energy buildins design guidelines*. Disponível em: <www.eren.doe.gov> Acesso em: dez. 2005.

ENERGYPLUS. *Getting Started With EnergyPlus: Everything You Need to Know About Runnig EnergyPlus*. EnergyPlus, 2004. 56f.

European Comission Directorate-General for Energy. *Designing healthy energy efficient office buildings*. A Thermie programe action. 1995.

GELLER, H.. **O uso eficiente da eletricidade: uma estratégia de desenvolvimento para o Brasil**. Rio de Janeiro: INNE – Instituto Nacional de Eficiência Energética. 1994. p. 223.

GHISI, E.. **Desenvolvimento de uma metodologia para retrofit em sistemas de iluminação: estudo de caso na Universidade Federal de Santa Catarina**. Orientação de Roberto Lamberts. Florianópolis, SC. UFSC. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.

GHISI, E.; TINKER, J. A.. *An Ideal Window Area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings*. **Building and Environment**, v.40, n. 1, p. 51-61, 2005.

GHISI, E.; TINKER, J. A; IBRAHIM, S. H.. 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, 2005.

GÓMEZ, L. A.; LAMBERTS, R. Simulação da influência de algumas variáveis arquitetônicas no consumo de energia em edifícios. Departamento de engenharia civil, UFSC, Florianópolis, 1995.

GÓMEZ, L. A.; LAMBERTS, R.; SIGNOR, R.. Comparação de resultados de simulação com o consumo energético medido num edifício de escritórios. Departamento de engenharia civil, UFSC, Florianópolis, 1994.

GOULART, S.. **Dados climáticos para a avaliação e desempenho térmico de edificações em Florianópolis**. Florianópolis, SC. UFSC. 1993. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.

GOULART, S.; LAMBERTS, R.; FIRMINO, S.. **Dados climáticos para projeto de edificações para 14 cidades brasileiras**. Florianópolis: Núcleo de Pesquisa em Construção/UFSC, 1998. p. 345.

- HUANG, J.; AKBARI, H.; RAINER, L.; RITSCHARD, R. **481 Prototypical Commercial Buildings for 20 Urban Market Areas**. Berkeley: LBNL. 1991 Technical Report.
- LAM, J. C.; HUI, S. C. M. *Computer simulations of energy performance of commercial buildings in Hong Kong*. In: Building Simulation 93, Australia, 1993. **Proceedings...** Australia: Building Simulation, 1993.
- LAM, J. C.; HUI, S. C. M. *Sensitivity analysis of energy performance of office buildings*. **Building and Environment**, v.31, n. 1, p. 27-39, 1996.
- LAM, J. C.; HUI, S. C. M.; CHAN, A. L. S. *Regression analysis of high-rise fully air-conditioned office buildings*. **Building and Environment**, v.26, n. 1, p. 189-197, 1997.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.. **Eficiência energética na arquitetura**. São Paulo: PW Editores, 1997. p. 192.
- LEE, A. S.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.. Verificação da eficiência energética de um edifício de escritórios através de simulação computacional: estudo de caso no departamento de engenharia civil da UFSC. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, VI, 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro. ENCAC. 2001. CD-ROM
- MASCARENHAS, A. C. R; D'ALCÂNTARA, A.; NERY, J.M.F.G.; FREIRE, T.M.M. Conservação de energia em edificações comerciais da cidade do Salvador. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, III, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado. ENCAC. 1995. P.421-426
- MEIER, A.; OLOFSSON, T.; LAMBERTS, R.. *What is an energy-efficient building?* In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 9, 2002, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu. ENTAC. 2002.
- MEIER, A.; ADALBERTH, K.; BUSCHING, S.; ELMROTH, A.; HALTRECHT, D.; MROZ, T.; PETTERSEN, T. D.; VISTANEN, M.; YOSHINO, H. *Indicators of energy efficiency in cold-climate buildings*. 1999. Results from a BCP Expert Working Group.
- MINKU, P. M.. **Tipologias construtivas de edifícios de escritório na cidade de Florianópolis**. Florianópolis, 2005. Relatório final de iniciação científica. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE. Universidade Federal de Santa Catarina.
- MOREIRA, C. S.. **Padrão de ocupação e de uso de equipamentos para fins de simulação computacional: estudo de caso em edifícios de escritório localizados em Florianópolis**. Florianópolis, 2005. Relatório final de iniciação científica. Laboratório de Eficiência Energética em Edificações – LabEEE. Universidade Federal de Santa Catarina.
- NEVES, R. P. A. A.; CARAM, R. M.. Identificação das tecnologias para o conforto ambiental e eficiência utilizada pelos chamados edifícios inteligentes. In: Encontro

Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, VII, 2003, Curitiba. **Anais...** Curitiba. ENCAC. 2003. CD-ROM

PEREIRA, F.O.R.; LOPES, A.; MARQUES, A.; TEODORO, E.; BATISTA, J.; SANTANA, M.V.; FONSECA, R.W.; ATANÁSIO, V. *An Investigation About Consideration of Daylighting in Different Stages of Project*. In: The 21st Conference on Passive Low Energy Architecture, Beirut, 2005. **Proceedings...** Beirut: PLEA, 2005. *Documento Eletrônico*

SANTANA, M. V.. **Desenvolvimento de geometrias otimizadas para sistemas de redirecionamento de luz**. Uberlândia, 2003. Relatório final de iniciação científica. Laboratório de conforto ambiental e conservação de energia – Faculdade de arquitetura e urbanismo – Universidade Federal de Uberlândia.

SIGNOR, R.. **Análise de regressão do consumo de energia elétrica frente a variáveis arquitetônicas para edifícios comerciais climatizados em 14 capitais brasileiras**. Orientação de Roberto Lamberts. Florianópolis, SC. UFSC. 1999. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Departamento de Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Catarina.

TOLEDO, L. M. A. de; LAMBERTS, R.. Uso final de energia elétrica em edifícios de escritórios de Florianópolis. In: Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, VII, 1995, Gramado. **Anais...** Gramado. ENCAC. 1995.

TZIKOPOULOS, A.; KARATZA, M. C.. *Modeling energy efficiency of bioclimatic buildings*. **Energy and Building**, v.37, n. 5, p. 529-544, 2005.

Apêndice 1. Caracterização da tipologia

Cidade

Nome do edifício

Projetista

Construtor

Endereço

Ano de início de ocupação

Número total de pavimentos

Área total do edifício (m²)

Pavimentos tipo

Quantidade

Pé-direito (m)

Área de cada pavimento (m²)

Número de escritórios por pavto tipo

Área média de cada escritório (m²)

Forma da edificação (fazer croqui, numerar as fachadas e indicar o Norte)

Tipo de cobertura (especificar todos os materiais e espessuras)

Tipo de laje entre pavimentos (especificar todos os materiais e espessuras)

Tipo de laje em contato com o solo (especificar todos os materiais e espessuras)

Fachada 1

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Área de janela (m ²)	Área de abertura para ventilação (m ²)		Tipo de vidro
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Sistema de abertura (especifique se de correr, basculante, etc)			
<input type="text"/>			

Proteção solar externa nas janelas

Tipo de parede (materiais usados e espessuras)

Fachada 2

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Área de janela (m ²)	Área de abertura para ventilação (m ²)		Tipo de vidro
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Sistema de abertura (especifique se de correr, basculante, etc)			
<input type="text"/>			

Proteção solar externa nas janelas

Tipo de parede (materiais usados e espessuras)

Fachada 3

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Área de janela (m ²)	Área de abertura para ventilação (m ²)		Tipo de vidro
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Sistema de abertura (especifique se de correr, basculante, etc)			
<input type="text"/>			

Proteção solar externa nas janelas

Tipo de parede (materiais usados e espessuras)

<input type="text"/>
<input type="text"/>
<input type="text"/>
<input type="text"/>

Fachada 4

Largura (m)	Altura (m)	Área (m ²)	Cor
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Área de janela (m ²)	Área de abertura para ventilação (m ²)		Tipo de vidro
<input type="text"/>	<input type="text"/>		<input type="text"/>
Sistema de abertura (especifique se de correr, basculante, etc)			
<input type="text"/>			

Proteção solar externa nas janelas

Tipo de parede (materiais usados e espessuras)

<input type="text"/>

Apêndice 2. Monitoramento dos equipamentos

1. Levantamento da quantidade e potência nominal dos equipamentos

Lâmpadas

Tipo	Quantidade	Potência nominal (W)

Luminárias

Tipo	Quantidade

Reatores

Tipo	Quantidade
Eletrônico	
Eletromagnético	

Aparelhos de ar condicionado

Tipo	Quantidade	Potência nominal (BTU)

Ventiladores ou circuladores de ar

Tipo	Quantidade	Potência nominal (W)

Geladeiras ou similares

Tipo	Quantidade	Potência nominal (W)

Computadores

Tipo	Quantidade	Potência nominal (W)

Outros

Tipo	Quantidade	Potência nominal (W)
Cafeteira		

2. Padrão de uso

Lâmpadas

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

Aparelhos de ar condicionado

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

Ventiladores ou circuladores de ar

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

Geladeiras ou similares

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

Cafeteiras ou similares

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

Computadores

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

Outros

Semanal (indique o número de horas em que o equipamento é utilizado com hora de início e fim)

Segunda a sexta	Sábados	Domingos	Feriados
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Indique o período (meses, com data de início e fim) em que o equipamento é usado ao longo do ano

3. Monitoramento do consumo (Medidor Yokogawa)

Equipamento	Tempo monitorado (h)	Consumo (kWh)	Potência (kW)
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Apêndice 3. Levantamento de atividades profissionais

Tabela A3.1- Atividades profissionais das 50 primeiras atividades incidentes.

	Atividade	Quantidade	%
1	Advocacia	243	18,6
2	Dentistas	145	11,1
3	Médicos	95	7,3
4	Psicólogos	76	5,8
5	Engenharias	62	4,6
6	Educação	51	3,9
7	Representações	27	2,1
8	Internet	23	1,8
9	Contabilidade	23	1,8
10	Arquitetura	22	1,7
11	Informática	22	1,7
12	Laboratórios	20	1,5
13	Seguros	20	1,5
14	Procuradoria Geral de Justiça	19	1,5
15	Consultorias	19	1,5
16	Imobiliárias	17	1,3
17	Associações	16	1,2
18	Telelistas	12	0,9
19	Turismo	12	0,9
20	Assessorias	11	0,8
21	Publicidade	11	0,8
22	Fisioterapia	10	0,8
23	Cabelereiros	10	0,8
24	Corretores de Imóveis	9	0,7
25	Radiologia	9	0,7
26	Núcleo de Transportes	9	0,7
27	Estética	8	0,6
28	União Catarinense de Educação	8	0,6
29	Administração de Imóveis	8	0,6
30	Comunicação	7	0,5
31	Construtora	7	0,5
32	Deputados	6	0,5
33	Sociedades	6	0,5
34	Fonoaudiólogas	6	0,5
35	Consulados	6	0,5
36	Sindicatos	6	0,5
37	Eventos	6	0,5
38	Audidores	5	0,4
39	Conselhos	5	0,4
40	Editoras	5	0,4
41	Design	5	0,4
42	Arquitetura e Construção Civil	5	0,4
43	Bibliotecas	4	0,3
44	Celulares	4	0,3
45	Institutos	4	0,3
46	Jóias	4	0,3
47	Investimentos	4	0,3
48	Cobranças	4	0,3
49	Clinicard	4	0,3
50	Bolsas de Valores	4	0,3

Apêndice 4. Levantamento geral de 35 edifícios de escritório

EDIFÍCIO ALEXANDER FLEMING



Fig. A4.1- Foto do edifício.

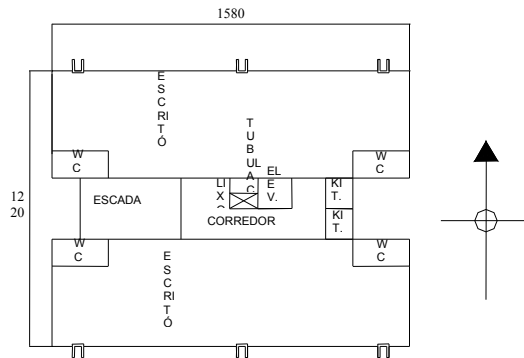


Fig. A4.2- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.1- Dados gerais

Endereço: Av. Othon Gama Deça.
Ano de início de ocupação: 20/10/1989
Projetista: Jamir Simiema Push. Telefone: 48/ 3335 02 53
Construtor: Helvécio Mauro Pereira Neves

Tabela A4.2- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Leste

Tabela A4.3- Atividade profissional

Atividades predominantes: Procuradoria Geral da Justiça, Médicos e Fisioterapeutas
--

Tabela A4.4- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 7	Área total do edifício: 1293,1m²	
Nº de pavimentos no sub-solo: não tem		
Nº de pavimentos tipo: 5	Pé-direito: 2,80m	Área de cada pavimento: 172,92m²
Nº Total de escritórios: 10	Área média de cada escritório: 71,62m²	
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2		

Tabela A4.5- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje impermeabilizada e telha de fibrocimento	Espessura: 7cm
Laje em contato com o solo:	maciça	Espessura: 7cm
Laje entre pavimentos tipo:	maciça	Espessura: 7cm
Paredes externas:	tijolo cerâmico de seis furos, assentado em sua menor dimensão	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: cinza		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.6- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Norte	16,75	14,60	51,1
Fachada 2	Leste	14,80	14,60	3,6
Fachada 3	Sul	17,70	14,60	51,1
Fachada 4	Oeste	14,80	14,60	3,5

EDIFÍCIO ALEXANDRE CARIONI



Fig. A4.3- Foto do edifício

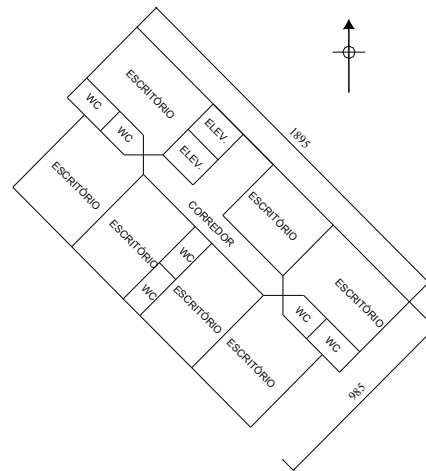


Fig. A4.4- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.7- Dados gerais

Endereço: Av. Rio Branco, número 817
Ano de início de ocupação: 25/10/1993
Projetista: Zairo Cabral Luiz Telefone: 48/ 3244 84 54
Construtor: Zairo Cabral Luiz

Tabela A4.8- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sudoeste

Tabela A4.9- Atividade profissional

Atividades predominantes: Psicologia, Advocacia e Médicos

Tabela A4.10- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12	Área total do edifício: 3905,44m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,60m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,70m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 66	Área de cada pavimento: 476,1m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 6	Área de cada pavimento: 195m²
	Área média de cada escritório: 22,82m²

Tabela A4.11- Características construtivas gerais

Cobertura	Telhado com laje impermeabilizada	Espessura: 15cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas:	verde e bege	
Esquadrias	Material: Alumínio anodizado (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.12- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudoeste	10,45	30,5	23,2
Fachada 2	Noroeste	19,85	30,5	17,7
Fachada 3	Nordeste	10,45	30,5	23,2
Fachada 4	Sudeste	19,85	30,5	14,8

EDIFÍCIO ALIANÇA



Fig. A4.5- Foto do edifício

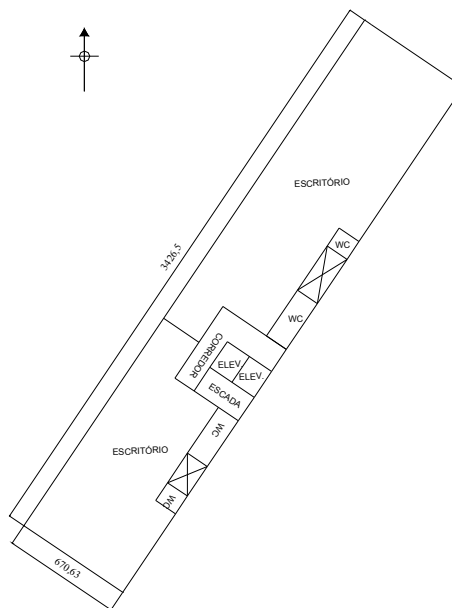


Fig. A4.6- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.13- Dados gerais

Endereço: Felipe Schmidt, nº 31
Ano de início de ocupação: 20/06/1975
Projetista: Antonio Paulo Heusi Miranda
Construtor: Antonio Paulo Heusi Miranda

Tabela A4.14- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Nordeste

Tabela A4.15- Atividade profissional

Atividades predominantes:

Tabela A4.16- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12		Área total do edifício: 2858,4m²
Nº de pavimentos no sub-solo: não há	Pé-direito: não há	Área de cada pavimento: não há
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 233,55m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 20	Nº de escritórios por pavimento tipo: 2	Área média de cada escritório: 95,18m²

Tabela A4.17- Características construtivas gerais

Cobertura	Telhas de fibrocimento sobre laje.	Espessura: 10cm
Laje em contato com o solo:	maciça	Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 10cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: amarelo		

Tabela A4.18- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Nordeste	9,70	29,65	46,7
Fachada 2	Sudeste	37,25	29,65	11,4
Fachada 3	Sudoeste	9,70	29,65	46,7
Fachada 4	Noroeste	37,25	29,65	0,0

EDIFÍCIO ALPHA CENTAURI



Fig. A4.7- Foto do edifício

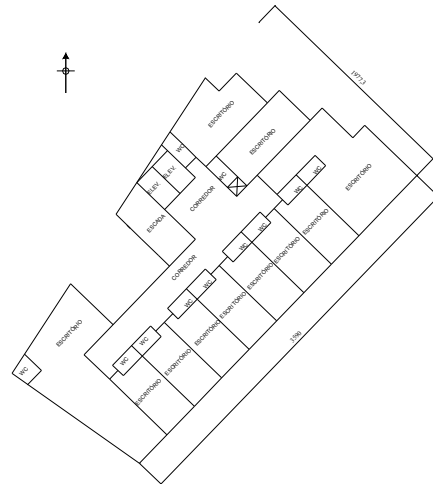


Fig. A4.8- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.19- Dados gerais

Endereço: Av. Hercilio Luz com Fernando Machado
Ano de início de ocupação: 31/8/1977
Projetista: Adroaldo P.Pereira Telefone: 48/ 3232 00 29
Construtor: Olavo Fontana Arantes Telefone: 48/ 3224 11 21

Tabela A4.20- Tipologia arquitetônica

Forma: Irregular
Orientação da fachada principal: Sudeste e Nordeste

Tabela A4.21- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Celos, Dentistas

Tabela A4.22- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 11	Área total do edifício: 9396,38m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,60m
Nº de pavimentos tipo: 11	Área de cada pavimento: 683,2m ²
	Pé-direito: 2,60m
	Área de cada pavimento: 679,93m ²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 121	
Nº de escritórios por pavimento tipo: 11	Área média de cada escritório: 45m ²

Tabela A4.23- Características construtivas gerais

Cobertura:	terraço com laje nervurada com enchimento de isopor	Espessura: 30cm
	Impermeabilização: manta asfáltica barbiculita	Espessura: 4cm Espessura: 5cm
Laje em contato com o solo:	concreto simples	Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo:	laje nervurada com enchimento de isopor	Espessura: 30cm
Paredes externas:	tijolo cerâmico de seis furos	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: Verde-escuro e concreto aparente.		
Esquadrias:	Material:	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: comum, 4mm		

Tabela A4.24- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Nordeste	27,20	30,40	30,5
Fachada 2	Sudeste	37,70	30,40	63,4
Fachada 3	Sudoeste	19,37	30,40	4,0
Fachada 4	Noroeste	36,40	30,40	3,8

EDIFÍCIO ANTERO F. DE ASSIS



Fig. A4.9- Foto do edifício

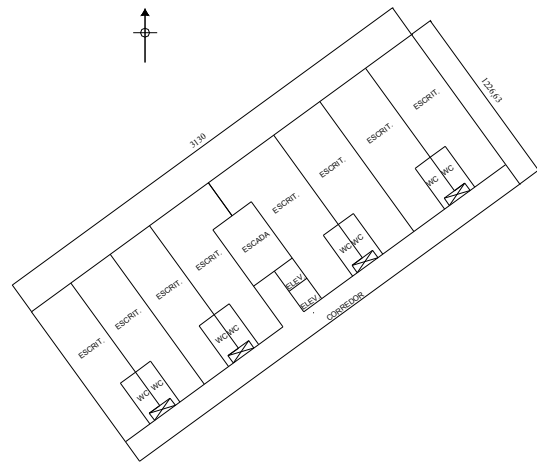


Fig. A4.10- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.25- Dados gerais

Endereço: Conselheiro Mafra, 220/ Centro.
Ano de início de ocupação: 26/01/1979
Projetista: Onaldo Pinto de Oliveira
Construtor: Afonso Veiga Filho

Tabela A4.26- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sudoeste
Tabela A4.27- Atividade profissional
Atividades predominantes: Advocacia, Dentistas e Engenharia

Tabela A4.28- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 11		Área total do edifício: 4418,25m²
Nº de pavimentos no sub-solo: não há	Pé-direito: não há	Área de cada pavimento: não há
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,78m	Área de cada pavimento: 368,82m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 80		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8		Área média de cada escritório: 39,39m²

Tabela A4.29- Características construtivas gerais

Cobertura	Telha de fibrocimento, sobre laje	Espessura: 8cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas: branca		
Esquadrias	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.30- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudeste	31,30	28,80	4,3
Fachada 2	Sudoeste	12,40	28,80	12,5
Fachada 3	Noroeste	31,30	28,80	61,5
Fachada 4	Nordeste	12,40	28,80	12,5

EDIFÍCIO CARLOS MEYER



Fig. A4.11- Foto do edifício

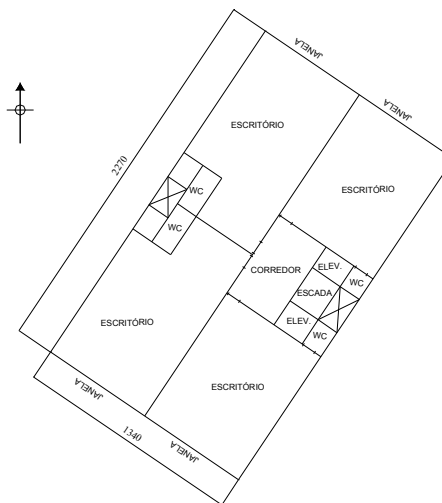


Fig. A4.12- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.31- Dados gerais

Endereço: Felipe Schmidt, nº 543/ Centro.
Ano de início de ocupação: 20/10/1989
Projetista: Boris Tertschitsch
Construtor: Reinaldo Damasceno da Silva reinaldodamasceno@ig.com.br Construtora Aliança, telefone: 48/ 3224 66 77

Tabela A4.32- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Nordeste
Tabela A4.33- Atividade profissional
Atividades predominantes: Pré-Vestibulares, Engenharia e Advocacia

Tabela A4.34- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 14		Área total do edifício: 4270,5m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,25m	Área de cada pavimento: 288,8m²
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 442m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 44		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 4		Área média de cada escritório: 62,95m²

Tabela A4.35- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje pré-moldada sob telhas de fibrocimento	Espessura: 10cm
Laje em contato com o solo: concreto armado		Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo: laje pré-moldada		Espessura: 10cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: amarelo		
Estruturas	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: comum		

Tabela A4.36- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Nordeste	13,40	31,2	61,3
Fachada 2	Sudeste	25,75	31,2	3,0
Fachada 3	Sudoeste	13,40	31,2	61,3
Fachada 4	Noroeste	25,75	31,2	6,8

CENTRO COMERCIAL GRANEMANN



Fig. A4.13- Foto do edifício

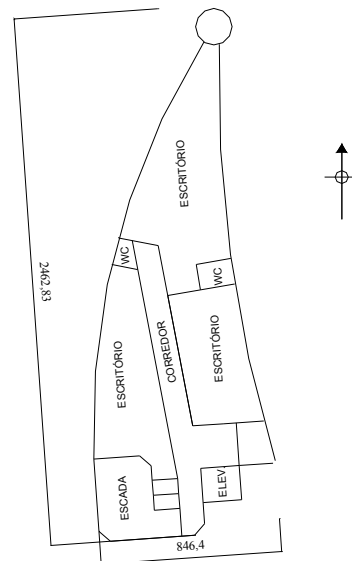


Fig. A4.14- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.37- Dados gerais

Endereço: Av. Orthon Gama D'Eça com Presidente Coutinho, nº 569/ Centro.
Ano de início de ocupação: 2/6/1993
Projetista: Joela Pacheco e Elson Celestino de Oliveira.
Construtor: Elson Celestino de Oliveira.
Telefone: 48/ 3223 52 26, ou 48/ 3249 50 56

Tabela A4.38- Tipologia arquitetônica

Forma: Triangular
Orientação da fachada principal: Leste e Sul

Tabela A4.39- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Raio-X e Ultrassom

Tabela A4.40- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 8	Área total do edifício: 1084,46 m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,40m
Nº de pavimentos tipo: 5	Pé-direito: 2,60m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 15	Área de cada pavimento: 221,39 m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 3	Área de cada pavimento: 145,62 m ²
	Área média de cada escritório: 31,8 m ²

Tabela A4.41- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje mista com preenchimento de tijolos de poliestireno	Espessura: 20cm
	Impermeabilização: manta asfáltica	Espessura: 3mm
Laje em contato com o solo: maciça		Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo: Laje mista com tijolos de isopor dentro dela.		Espessura: 20cm
Paredes externas: Tijolo de 6 furos, assentado na menor dimensão		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: bege		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: 4mm, comum, bronze fumê (em todas as fachadas)		

Tabela A4.42- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Leste	23,5	29	51,0
Fachada 2	Sul	8,7	29	21,3
Fachada 3	Oeste	27,6	29	15,8

EDIFÍCIO COMERCIAL ILHA



Fig. A4.15- Foto do edifício

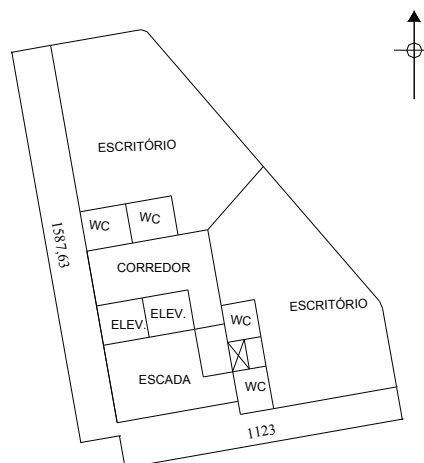


Fig. A4.16- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.43- Dados gerais

Endereço: Rua Prof. Sanches Bezerra da Trindade, nº 69, esq. com Madalena Barbi/ Centro.
Ano de início de ocupação: 11/04/2003
Projetista: Ana Maria G. Duarte e Leandro Bertolinet Telefone: 48/ 3224 08 21
Construtor: Levy Furtado Construtora Erasmo Furtado Júnior/Camboriú-SC. Telefone: 47/ 3367 06 06, e-mail: hfjrfsf@zaz.com.br

Tabela A4.44- Tipologia arquitetônica

Forma: Triangular
Orientação da fachada principal: Nordeste

Tabela A4.45- Atividade profissional

Atividades predominantes: Informática, Advocacia, Internet
--

Tabela A4.46- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 11	Área total do edifício: 2097,39m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,50m
Nº de pavimentos tipo: 7	Pé-direito: 2,60m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 14	Área de cada pavimento: 290,7m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2	Área de cada pavimento: 133,6m²
	Área média de cada escritório: 44m²

Tabela A4.47- Características construtivas gerais

Cobertura	Telha de fibrocimento (inclinação de 10%), sobre laje.	Espessura: 15cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: azul e cinza		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.48- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Norte	3,81	22	29,2
Fachada 2	Nordeste	15	22	32,4
Fachada 3	Leste	3,36	22	33,2
Fachada 4	Sul	11,68	22	0,0
Fachada 5	Oeste	14,87	22	3,4

CENTRO EMPRESARIAL BARÃO DO RIO BRANCO



Fig. A4.17- Foto do edifício

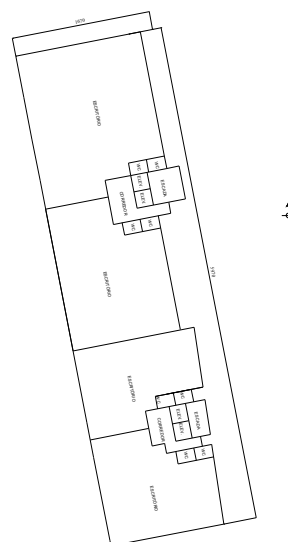


Fig. A4.18- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.49- Dados gerais

Endereço: Av. Rio Branco, número 448/ Centro
Ano de início de ocupação: 15/9/1998
Projetista: Moyses E.da S. Liz
Construtor: Gilson K. Arantes
Bautec. Telefone: 48/ 3224 11 21

Tabela A4.50- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Norte
Tabela A4.51- Atividade profissional
Atividades predominantes: Gaseoduto, Médicos e Publicidade

Tabela A4.52- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 16	Área total do edifício: 7194,44 m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,70m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,60m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 66	Área de cada pavimento: Primeiro: 806,4 Segundo: 754,51
Nº de escritórios por pavimento tipo: 6	Área de cada pavimento: 343,73 m ²
	Área média de cada escritório: 41,99 m ²

Tabela A4.53- Características construtivas gerais

Cobertura	Telha de fibrocimento com inclinação de 5%, sobre laje maciça.	Espessura: 7cm
	Terraço com laje mista e revestimento cerâmico	Espessura:
	Impermeabilização:	Espessura:
Laje em contato com o solo: maciça, com piso cimentado simples		Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo: maciça		Espessura: 15cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado na maior dimensão		Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas: Laranja com cerâmica verde escura		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: pele de vidro refletivo verde (em todas as fachadas)		

Tabela A4.54- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Norte	8,90	30,40	66,3
Fachada 2	Leste	40	30,40	24,4
Fachada 3	Sul	8,90	30,40	66,3
Fachada 4	Oeste	40	30,40	12,9

CENTRO EMPRESARIAL FÊNIX



Fig. A4.19- Foto rua Felipe Schmidt

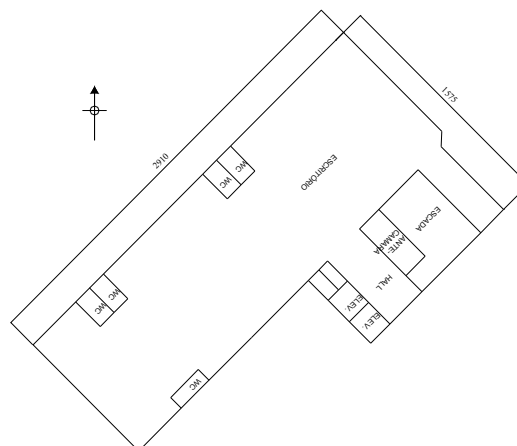


Fig. A4.20- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.55- Dados gerais

Endereço: Rua Felipe Schmidt
Ano de início de ocupação: 29/06/1989
Projetista: Celso Guimarães
Construtor: Construtora e Imobiliária Coelho

Tabela A4.56- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Nordeste
Tabela A4.57- Atividade profissional
Atividades predominantes:

Tabela A4.58- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 15		Área total do edifício: 6962,8m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,20m	Área de cada pavimento: 723,65m²
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,60m	Área de cada pavimento: 350,4m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 10		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 1		Área média de cada escritório: 272,35m²

Tabela A4.59- Características construtivas gerais

Cobertura	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura:
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura:
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 25cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 25cm

Tabela A4.60- Fachadas (Fachada 1: fachada principal voltada para a rua)

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Nordeste	14,60	28,40	53,0
Fachada 2	Sudeste	28,90	28,40	38,0
Fachada 3	Sudoeste	9,90	28,40	61,4
Fachada 4	Noroeste	29,60	28,40	45,4

CENTRO EMPRESARIAL HOEPKE



Fig. A4.21- Foto do edifício

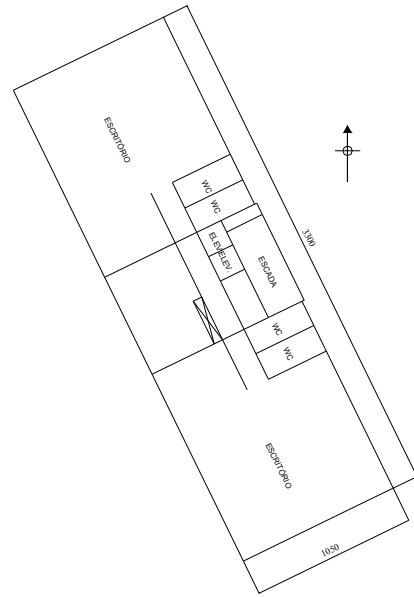


Fig. A4.22- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.61- Dados gerais

Endereço: Av. Hercílio Luz com João Pinto e Antonio Luz, nº 255
Ano de início de ocupação: 22/08/2002
Projetista: Manoel Luiz Lopes Farias
Construtor: Edy G. Luft
Telefone: 48/ 9972 68 61

Tabela A4.62- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Nordeste, Sudeste e Sudoeste

Tabela A4.63- Atividade profissional

Atividades predominantes:

Tabela A4.64- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 7	Área total do edifício: 5824,4m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,70m
Nº de pavimentos tipo: 5	Pé-direito: 2,70m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 10	Área de cada pavimento: 835,5m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2	Área de cada pavimento: 340,2m²
	Área média de cada escritório: 129,2m²

Tabela A4.65- Características construtivas gerais

Cobertura	dado não encontrado no projeto da SUSP	
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 20cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 18cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas:	Amarelo	
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro:	vidro refletivo prata	

Tabela A4.66- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Noroeste	10,20	14,58	38,6
Fachada 2	Sudoeste	33	14,58	30,6
Fachada 3	Sudeste	10,20	14,58	38,6
Fachada 4	Nordeste	33	14,58	31,1

CENTRO EXECUTIVO BARRA SUL



Fig. A4.23- Foto do edifício

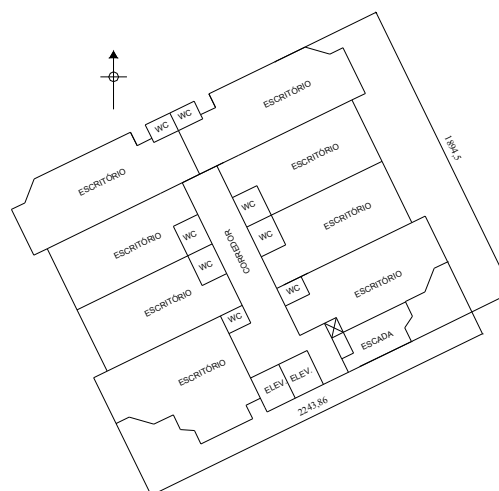


Fig. A4.24- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.67- Dados gerais

Endereço: Av. Rio Branco, nº 159
Ano de início de ocupação: 12/1990
Projetista: Adroaldo P.Pereira
Construtor: Gilson Kucker Arantes Bautec. Telefone: 48/ 3224 11 21

Tabela A4.68- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Norte
Tabela A4.69- Atividade profissional
Atividades predominantes: Telelistas, Núcleo de Transporte e Engenharias

Tabela A4.70- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12		Área total do edifício: 8672m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 1338m²
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 419m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 88		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8		Área média de cada escritório: 34,66m²

Tabela A4.71- Características construtivas gerais

Cobertura	terraço com laje nervurada com enchimento de concreto celular	Espessura: 30cm
	Impermeabilização: manta asfáltica	Espessura: 4mm
Laje em contato com o solo: maciça		Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo: nervurada com enchim. de concreto celular		Espessura: 30cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado na maior dimensão		Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas: branco		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: fumê float, 6mm (em todas as fachadas)		

Tabela A4.72- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Norte	20,45	33,30	100
Fachada 2	Leste	23,30	33,30	16,3
Fachada 3	Sul	20,45	33,30	48,8
Fachada 4	Oeste	23,30	33,30	8,4

CENTRO EXECUTIVO CASA DO BARÃO



Fig. A4.25- Foto do edifício

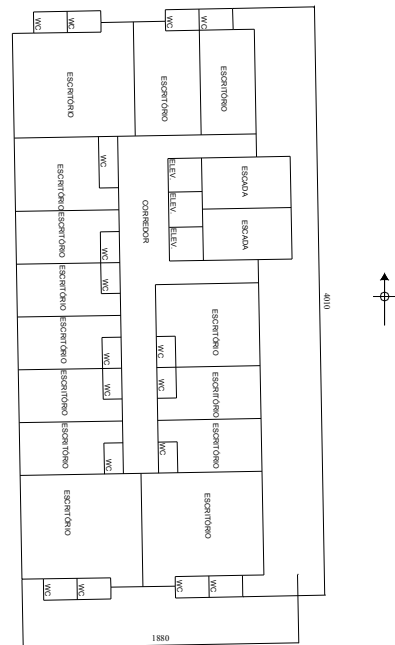


Fig. A4.26- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.73- Dados gerais

Endereço: Av. Prof. Othon Gama D'Eça com Bocaiúva, nº 900.
Ano de início de ocupação: 20/12/1995
Projetista: Alfred Biermann Telefone: 48/ 3228 81 69
Construtor: Edson Carlos Teixeira Junior

Tabela A4.74- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Oeste

Tabela A4.75- Atividade profissional

Atividades predominantes:

Tabela A4.76- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 17	Área total do edifício: 28551,25m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,73m
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,80m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 140	Área de cada pavimento: 2474,5m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 14	Área de cada pavimento: 708,08m²
	Área média de cada escritório: 35,63m²

Tabela A4.77- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje nervurada com 15cm de espessura e com enchimento de 20cm de espessura de concreto celular	Espessura: 35cm
	Telha Kahleta com laje macica de 7cm de espessura embaixo dela. Impermeabilização: manta asfáltica	Espessura: 4mm
Laje em contato com o solo: maciça		Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo: Laje mista		Espessura: 24cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado na maior dimensão		Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas: marrom e cerâmica branca.		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: fumê float, 6mm (em todas as fachadas)		

Tabela A4.78- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Norte	20,70	31,85	13,5
Fachada 2	Leste	40,10	31,85	31,5
Fachada 3	Sul	20,70	31,85	18,7
Fachada 4	Oeste	40,10	31,85	38,1

CENTRO EXECUTIVO ILHA DE SANTORINI



Fig. A4.27- Foto do edifício

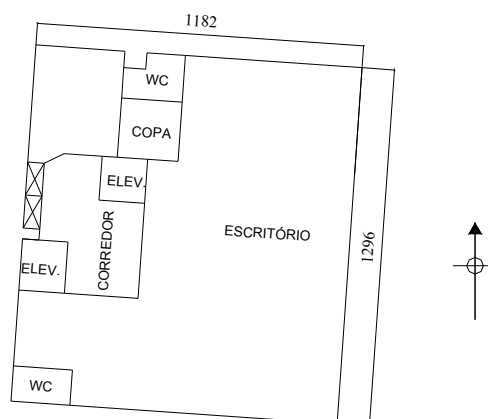


Fig. A4.28- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.79- Dados gerais

Endereço: Dom Jaime Camara, nº 77
Ano de início de ocupação: 06/07/1999
Projetista: Alberto Julian de santiago
Construtor: Newton Atherino Szpoganicz
Contato: Kátia, telefone: 48/ 3223 03 94

Tabela A4.80- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Sul
Tabela A4.81- Atividade profissional
Atividades predominantes: Contabilidade, Médicos e Uni Santa

Tabela A4.82- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12		Área total do edifício: 2537,7m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,40m	Área de cada pavimento: 350m ²
Nº de pavimentos tipo: 6 (primeiro ao quarto e do nono ao décimo pavimento)	Pé-direito: 2,60m	Área de cada pavimento: 150,5m ²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 6		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 1		Área média de cada escritório: 108,21m ²

Tabela A4.83- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje mista, impermeabilizada, sob telha de fibrocimento	Espessura: 20cm
Laje em contato com o solo: maciça		Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo: mista		Espessura: 30cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos e revestimento de massa corrida		Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas: bege e marrom		

Tabela A4.84- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sul	11,82	17	23,0
Fachada 2	Oeste	12,96	17	7,5
Fachada 3	Norte	11,82	17	17,4
Fachada 4	Leste	12,96	17	30,0

CENTRO EXECUTIVO MAXIM'S



Fig. A4.29- Foto do edifício

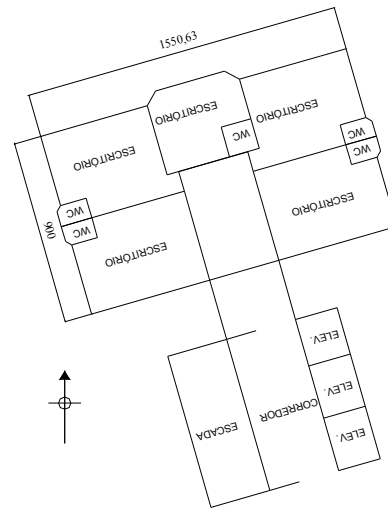


Fig. A4.30- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.85- Dados gerais

Endereço: Av. Rio Branco, nº 354
Ano de início de ocupação: 12/12/1990
Projetista: Jayme Antunes Teixeira
Construtor: Jayme Antunes Teixeira

Tabela A4.86- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Norte
Tabela A4.87- Atividade profissional
Atividades predominantes: Dentistas, Advocacia e Radiologia

Tabela A4.88- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 14	Área total do edifício: 7903,2m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 3m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 3m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 110	Área de cada pavimento: 874,9m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 10	Área de cada pavimento: 434,2m ²
	Área média de cada escritório: 29,236m ²

Tabela A4.89- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje impermeabilizada	Espessura: 20cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 20cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: bege e laranja		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.90- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)	Brises
Fachada 1	Oeste	38,75	35,40	28,5	Horizontais e verticais
Fachada 2	Norte	15,40	35,40	36,7	Horizontais e verticais
Fachada 3	Leste	38,75	35,40	28,5	Horizontais e verticais
Fachada 4	Sul	15,40	35,40	36,7	Horizontais e verticais

CENTRO EXECUTIVO VELLOSO



Fig. A4.31- Foto do edifício

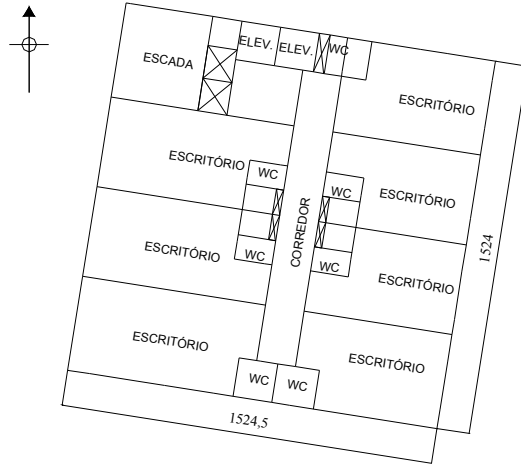


Fig. A4.32- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.91- Dados gerais

Endereço: Araújo Figueiredo, nº 119, com Pedro Soares.
Ano de início de ocupação: 12/11/1998
Projetista: Darlan Rozani
Construtora Moro, telefone: 48/ 3223 54 78
Construtor: Jarbas Najjar Morro Telefone: 48/ 9982 0022

Tabela A4.92- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Leste e Sul
Tabela A4.923- Atividade profissional
Atividades predominantes: Advocacia, Contabilidade e Dentistas

Tabela A4.94- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 15	Área total do edifício: 5578,9m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,45m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,60m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 77	Área de cada pavimento: 553,2m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 7	Área de cada pavimento: 290,3m ²
	Área média de cada escritório: 24,3m ²

Tabela A4.95- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje impermeabilizada	Espessura: 15cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: branco e preto		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar e de correr	
Tipo de vidro: vidro liso, 4mm		

Tabela A4.96- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sul	18,15	30,4	34,9
Fachada 2	Oeste	16	30,4	26,6
Fachada 3	Norte	18,15	30,4	17,2
Fachada 4	Leste	16	30,4	34,9

CENTRO EXECUTIVO VIA VENNETO



Fig. A4.33- Foto do edifício

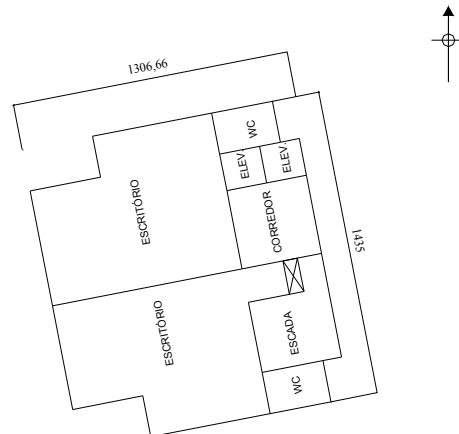


Fig. A4.34- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.97- Dados gerais

Endereço: Adolfo Mello, nº 35/ Centro
Ano de início de ocupação: 30/11/1993
Projetista: Alfredo Biermann Telefone: 48/ 3222 81 69 Alfred@biermann.com.br
Construtor: Gilson Kucker Arantes Bautec, telefone: 48/ 3224 1121

Tabela A4.98- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Leste

Tabela A4.99- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Informática e Representações

Tabela A4.100- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 14	Área total do edifício: 2807,33m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,40m
Nº de pavimentos tipo: 12	Pé-direito: 2,975m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 24	Área de cada pavimento: 409,89m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2	Área de cada pavimento: 154,62m²
	Área média de cada escritório: 49,99m²

Tabela A4.101- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje impermeabilizada maciça de concreto Telhado Kalheta Brasilit na maioria da cobertura, 10% de inclinação sobre laje mista com preenchimento em Siporex.	Espessura: 7cm Espessura: 24cm
Laje em contato com o solo:	maciça	Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo:	laje mista com preenchimento dos em Siporex.	Espessura: 24cm
Paredes externas:	tijolo cerâmico de seis furos, assentado na maior dimensão	Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas:	Cerâmica marrom e pintura da parede branca	
Esquadrias	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro:	fumê float, 4mm (em todas as fachadas)	

Tabela A4.102- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Leste	12,85	39,73	21,1
Fachada 2	Norte	14,35	39,73	44,7
Fachada 3	Oeste	12,85	39,73	21,1
Fachada 4	Sul	14,35	39,73	8,6

EDIFÍCIO DOM JAIME CÂMARA



Fig. A4.35- Foto do edifício

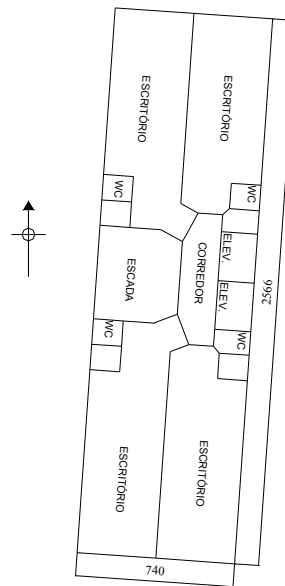


Fig. A4.36- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.103- Dados gerais

Endereço: Dom Jaime Camara, nº 66/ Centro.
Ano de início de ocupação: 3/1/2000
Projetista: Odilon F. Monteiro. Monteiro Arquitetura, telefone: 48/ 3222 4522
Construtor: Claudio Bianchini.

Tabela A4.104- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Norte

Tabela A4.105- Atividade profissional

Atividades predominantes: Companhia de Petróleo, Imobiliária e Investimentos
--

Tabela A4.106- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 16	Área total do edifício: 4070,34m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 1º: 2,35m 2º: 2,30m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,60m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 44	Área de cada pavimento: Prim.: 506,66m ² Seg.: 554,40m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 4	Área de cada pavimento: 198,9 m ²
	Área média de cada escritório: 36,625m ²

Tabela A4.107- Características construtivas gerais

Cobertura	Terraço (A:124,944m ²), com laje nervurada e piso cerâmico. Telha Maxiplus, 8,7% de inclinação.	Espessura: 20cm de tijolo e 15 cm de capa de concreto
Laje em contato com o solo:	maciça	Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo:	nervurada com enchim. de cerâmica	Esp.: 35cm
Paredes externas:	tijolo cerâmico de seis furos, assentado na menor dimensão	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas:	cinza	
Esquadrias	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro:	4mm, com película colorida (em todas as fachadas)	

Tabela A4.108- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Norte	7,79	30,40	47,2
Fachada 2	Leste	25,66	30,40	33,5
Fachada 3	Sul	7,79	30,40	47,2
Fachada 4	Oeste	25,66	30,40	33,2

EDIFÍCIO EMEDAUX



Fig. A4.37- Foto do edifício

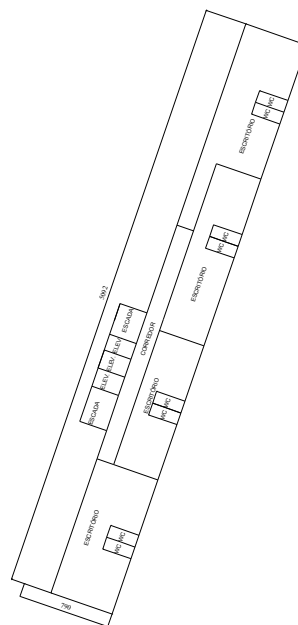


Fig. A4.38- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.109- Dados gerais

Endereço: Rua Santos Dumont. Praça Pereira Oliveira/ Centro
Ano de início de ocupação: 19/12/1977
Projetista: Ascanio Riccio Telefone: 48/ 3233 02 96 48/ 231 70 11
Construtor: Alvero Luiz P. Gonçalves

Tabela A4.110- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sul

Tabela A4.111- Atividade profissional

Atividades predominantes:

Tabela A4.112- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12	Área total do edifício: 6798,23 m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,60m
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,80m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 40	Área de cada pavimento: Seg.sub.:639,51m ² prim. Sub.: 634,39m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 4	Área de cada pavimento: 375,68m ²
	Área média de cada escritório: xxm ²

Tabela A4.113- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje mista nervurada com tijolo cerâmico	Espessura: 15cm
	Impermeabilização: manta asfáltica	Espessura: 4mm
Laje em contato com o solo: concreto armado		Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo: laje mista com tijolo cerâmico		Espessura: 10cm
Paredes externas: tijolo cerâmico recozido de oito furos, do tipo leve		Espessura: 25cm
Cor das fachadas externas: cinza		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: fumê, 4mm (em todas as fachadas)		

Tabela A4.114- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Leste	54	29,1	17,5
Fachada 2	Sul	9,66	29,1	18,7
Fachada 3	Oeste	54	29,1	25,6
Fachada 4	Norte	9,66	29,1	12,3

EDIFÍCIO GOLDEN TOWER

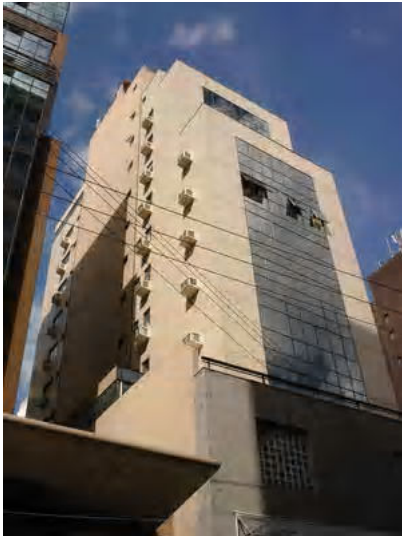


Fig. A4.39- Foto do edifício

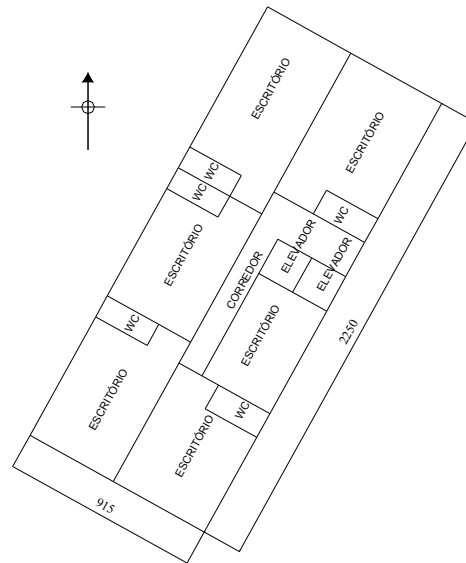


Fig. A4.40- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.115- Dados gerais

Endereço: Felipe Schmidt, nº 657
Ano de início de ocupação: 16/07/2002
Projetista: Antonio Didone 48/ 3225 68 66 raincorp@csmtelecom.com
Construtor: Antonio Didone

Tabela A4.116- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Nordeste

Tabela A4.117- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Escola e Dentistas

Tabela A4.118- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 15		Área total do edifício: 5626,54m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,45m	Área de cada pavimento: 641m²
Nº de pavimentos tipo: 6	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 223,45m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 30		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 5		Área média de cada escritório: 29,5m²

Tabela A4.119- Características construtivas gerais

Cobertura	terraço com laje impermeabilizada	Espessura: 10cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: bege		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.120- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Nordeste	9,60	16,95	57,8
Fachada 2	Noroeste	23,60	16,95	6,8
Fachada 3	Sudoeste	9,60	16,95	16,6
Fachada 4	Sudeste	23,60	16,95	15,1

EDIFÍCIO IDELFONSO LINHARES

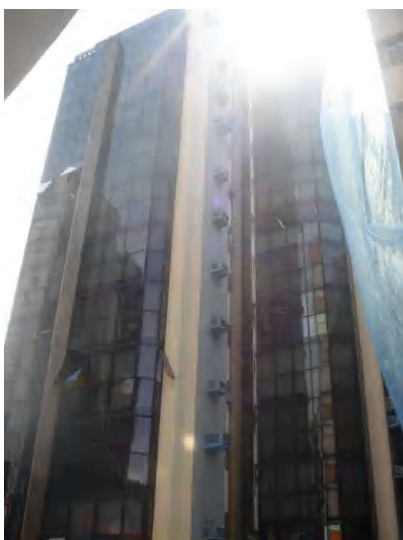


Fig. A4.41- Foto do edifício

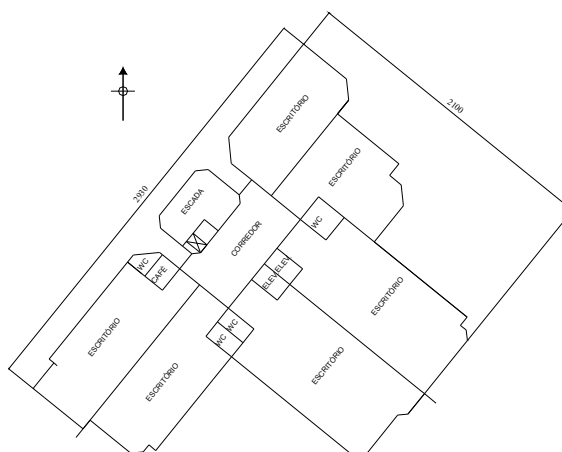


Fig. A4.42- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.121- Dados gerais

Endereço: Jerônimo Coelho, nº 33, com Vidal Ramos/ Centro
Ano de início de ocupação: 6/5/1988
Projetista: Adroaldo P.Pereira
Construtor: Buatec, telefone: 48/ 3232 00 29

Tabela A4.122- Tipologia arquitetônica

Forma: Irregular
Orientação da fachada principal: Sudoeste e Sudeste
Tabela A4.123- Atividade profissional
Atividades predominantes:

Tabela A4.124- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 14	Área total do edifício: 6527,22 m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,60m
Nº de pavimentos tipo: 9	Pé-direito: 2,70m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 54	Área de cada pavimento: 983,8 m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 6	Área de cada pavimento: 1393,44 m²
	Área média de cada escritório: 46,46 m²

Tabela A4.125- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje nervurada preenchida com tijolo cerâmico	Espessura: 28cm
	Impermeabilização: manta asfáltica barbiculita	Espessura: 4cm Espessura: 5cm
Laje em contato com o solo: concreto simples		Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo: Laje nervurada com preenchimento de tijolo cerâmico furado		Espessura: 28cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado na maior dimensão		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: concreto aparente, mas a maioria dele é em pele de vidro.		
Esquadrias	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: simples, 4mm (em todas as fachadas)		

Tabela A4.126- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudeste	30,70	33,06	100
Fachada 2	Sudoeste	21	33,06	100
Fachada 3	Noroeste	30,70	33,06	23,5
Fachada 4	Nordeste	21	33,06	40,0

EDIFÍCIO MANHATTAN



Fig. A4.43- Foto do edifício

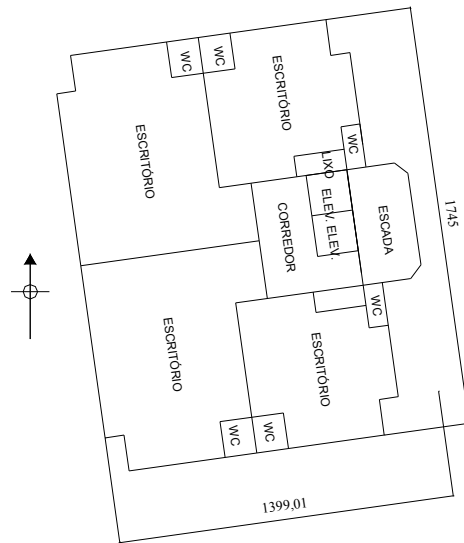


Fig. A4.44- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.127- Dados gerais

Endereço: Adolfo Melo, nº 38/ Centro
Ano de início de ocupação: 10/01/1990
Projetista: Zairo Cabral Luiz
Construtor: Carlos Augusto Belino

Tabela A4.128- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Oeste
Tabela A4.129- Atividade profissional
Atividades predominantes: Advocacia, Seguros e Engenharias

Tabela A4.130- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12		Área total do edifício: 3478,53m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,33m	Área de cada pavimento: 504m ²
Nº de pavimentos tipo: 9	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 220,68m ²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 18		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2		Área média de cada escritório: 87,25m ²

Tabela A4.1301- Características construtivas gerais

Cobertura	terraço com laje impermeabilizada	Espessura: 35cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 27cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 27cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: preto e branco		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.132- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Oeste	17,60	27	33,2
Fachada 2	Norte	14,15	27	50,0
Fachada 3	Leste	17,60	27	17,6
Fachada 4	Sul	14,15	27	24,6

EDIFÍCIO MIRAGE TOWER



Fig. A4.47- Foto do edifício

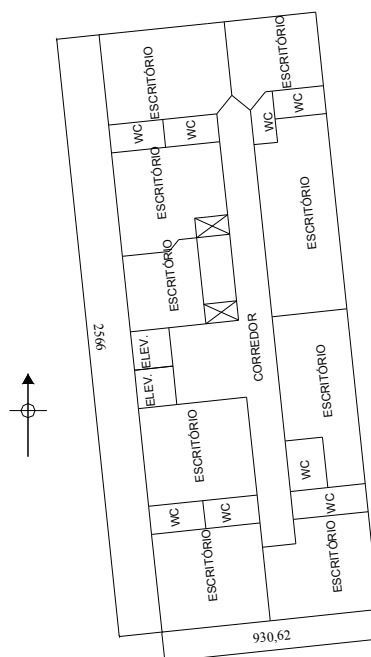


Fig. A4.48- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.139- Dados gerais

Endereço: Av. Rio Branco, nº 333.
Ano de início de ocupação: 20/8/1999
Projetista: Dejalma Frasson Junior Magno Martins, telefone: 48/ 3223 1919
Construtor: Telma R. Bento

Tabela A4.140- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sul

Tabela A4.141- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Engenharias e União Catarinense de Educação
--

Tabela A4.142- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 15	Área total do edifício: 5629,95m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,73m
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,65m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 80	Área de cada pavimento: 628,63m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8	Área de cada pavimento: 272,55m²
	Área média de cada escritório: 23,426m²

Tabela A4.143- Características construtivas gerais

Cobertura	Terraço descoberto com piso cerâmico sobre laje treliçada.	Espessura: 12cm
	Telha metálica	
	Impermeabilização: manta asfáltica	Espessura: 4mm
Laje em contato com o solo: sem especificações		Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo: Laje treliçada		Espessura: 30cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado na menos dimensão		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: rosa		
Esquadrias	Material: Alumínio anodizado (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: Laminado azul, com espessura de 8mm. (em todas as fachadas)		

Tabela A4.144- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sul	9,72	28,15	32,1
Fachada 2	Oeste	28,04	28,15	13,7
Fachada 3	Norte	9,72	28,15	17,5
Fachada 4	Leste	28,04	28,15	17,2

EDIFÍCIO OFFICE SQUARE



Fig. A4.49- Foto do edifício

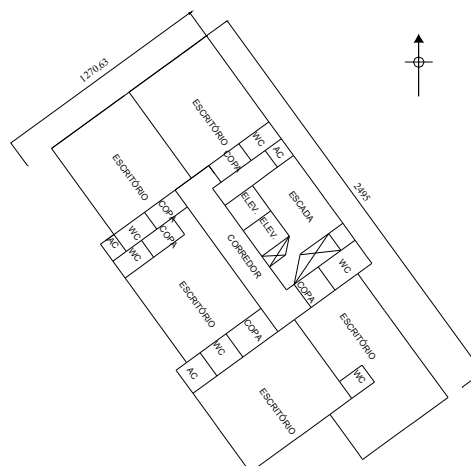


Fig. A4.50- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.145- Dados gerais

Endereço: Victor Konder/Largo Benjamin Constant/ Centro.
Ano de início de ocupação: 18/12/2003
Projetista: Renee Gonçalves
Construtor: Marco Aurelio Alberto
Telefone: 48/ 3324 1047

Tabela A4.146- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sudeste
Tabela A4.147- Atividade profissional
Atividades predominantes:

Tabela A4.148- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 17		Área total do edifício: 7856,84 m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,45m	Área de cada pavimento: 1º:819,22;2º:833,91m ²
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,60m	Área de cada pavimento: 295,91m ²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 55		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 5		Área média de cada escritório: 36,62m ²

Tabela A4.149- Características construtivas gerais

Cobertura	Telha de fibrocimento.	Espessura: 25cm
	Laje nervurada preenchida com tijolo cerâmico.	
	Impermeabilização: vermiculita placas de isopor	Espessura: 10cm Espessura: 5cm
Laje em contato com o solo: concreto armado		Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo: Laje nervurada preenchida com tijolos cerâmicos.		Espessura: 25cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado em sua maior dimensão		Espessura: 25cm
Cor das fachadas externas: Revestimento cerâmico 5x5, cinza.		
Esquadrias	Material: Alumínio anodizado (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: Laminado reflexivo prata, espessura de 8cm. (em todas as fachadas)		

Tabela A4.150- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudeste	12,90	30,40	44,9
Fachada 2	Sudoeste	26,20	30,40	11,9
Fachada 3	Noroeste	12,90	30,40	44,9
Fachada 4	Nordeste	26,20	30,40	16,7

EDIFÍCIO OLMIRO FARACO



Fig. A4.51- Foto do edifício

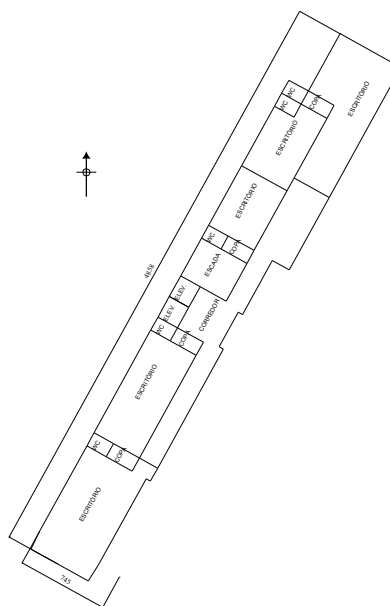


Fig. A4.52- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.151- Dados gerais

Endereço: Tenente Silveira, nº 482
Ano de início de ocupação: 15/01/1993
Projetista: Rubens Bazzo
Construtor: Rubens Bazzo

Tabela A4.152- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sudoeste
Tabela A4.153- Atividade profissional
Atividades predominantes:

Tabela A4.154- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 8		Área total do edifício: 2772,52m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 3,50m	Área de cada pavimento: 311,6m ²
Nº de pavimentos tipo: 6	Pé-direito: 2,60m	Área de cada pavimento: 312,4m ²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 30		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 5		Área média de cada escritório: 42,78m ²

Tabela A4.155- Características construtivas gerais

Cobertura	terraço com laje impermeabilizada	Espessura: 45cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 28cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 28cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: branca		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	

Tabela A4.156- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudoeste	6,20	17,56	100
Fachada 2	Noroeste	50,10	17,56	27,9
Fachada 3	Nordeste	6,95	17,56	26,5
Fachada 4	Sudeste	50,10	17,56	18,4

EDIFÍCIO PEDRO XAVIER



Fig. A4.53- Foto do edifício

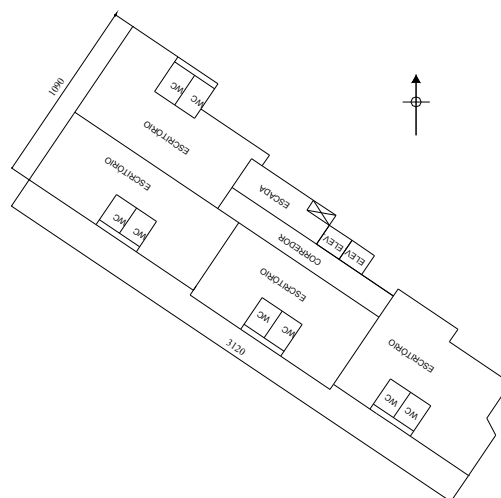


Fig. A4.54- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.157- Dados gerais

Endereço: Bento Gonçalves, nº 183, Centro
Ano de início de ocupação: 28/08/1995
Projetista: Éderson Antônio de Castro
Construtor: Éderson Antônio de Castro e Carlos Augusto Bedim

Tabela A4.158- Tipologia arquitetônica

Forma: Triangular
Orientação da fachada principal: Sudeste
Tabela A4.159- Atividade profissional
Atividades predominantes: Advocacia, Dentistas e Contabilidade

Tabela A4.160- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12		Área total do edifício: 6016m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: Segundo subsolo: 2,40m. Primeiro subsolo: 2,60m.	Área de cada pavimento: 590m²
Nº de pavimentos tipo: 9	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 288,17m²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo:36		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 4		Área média de cada escritório: 52,25m²

Tabela A4.161- Características construtivas gerais

Cobertura	Terraço e telhado com laje embaixo	Espessura: 20cm
Laje em contato com o solo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 21cm
Paredes externas:	dado não encontrado no projeto da SUSP	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: cinza		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: fumê float, 6mm (em todas as fachadas)		

Tabela A4.162- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudeste	11,35	25,48	27,6
Fachada 2	Sudoeste	33,30	25,48	27,1
Fachada 3	Noroeste	11,35	25,48	0,0
Fachada 4	Nordeste	33,30	25,48	11,2

EDIFÍCIO PLANEL TOWERS



Fig. A4.55- Foto do edifício

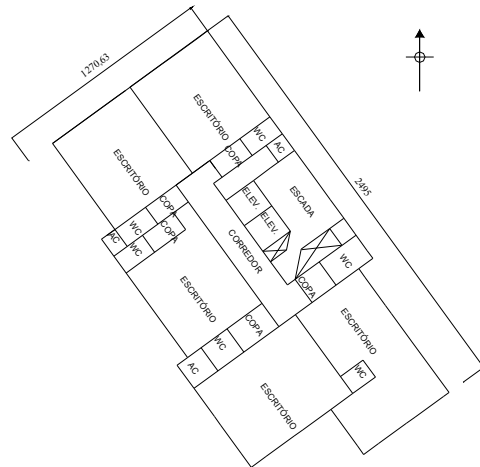


Fig. A4.56- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.163- Dados gerais

Endereço: Av. Rio Branco nº 72 ou 86/ Centro.
Ano de início de ocupação: 20/10/1989
Projetista: Adroaldo P.Pereira
Bautec, telefone: 48/ 3232 0029 (Gilson Arantes)
Construtor: Edson Carlos Teixeira Junior

Tabela A4.164- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Norte

Tabela A4.165- Atividade profissional

Atividades predominantes: Médicos, Advocacia e Dentistas
--

Tabela A4.166- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 15	Área total do edifício: 17245,64m ² (2 blocos)
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,70m
Nº de pavimentos tipo: 12	Pé-direito: 2,70m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 96	Área de cada pavimento: 2830m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8	Área de cada pavimento: 442m ²
	Área média de cada escritório: 38,74m ²

Tabela A4.167- Características construtivas gerais

Cobertura	terraço com laje nervurada com enchimento de concreto celular	Espessura: 30cm
	Impermeabilização: manta asfáltica	Espessura: 4mm
Laje em contato com o solo:	maciça	Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo:	nervurada com enchim. de concreto celular	Espessura: 30cm
Paredes externas:	tijolo cerâmico de seis furos, assentado em sua maior dimensão	Espessura: 20cm
Cor das fachadas externas: marrom		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: fumê float, 6mm (em todas as fachadas)		

Tabela A4.168- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Oeste	23,6	36,30	37,6
Fachada 2	Norte	21,8	36,30	19,5
Fachada 3	Leste	23,6	36,30	37,6
Fachada 4	Sul	21,8	36,30	19,5

EDIFÍCIO REGENCY TOWER



Fig. A4.57- Foto do edifício

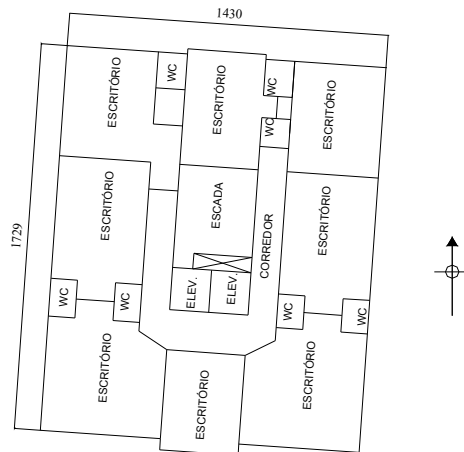


Fig. A4.58- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.169- Dados gerais

Endereço: Dom Jaime Camara, nº 179
Ano de início de ocupação: 23/05/2000
Projetista: D Jalma F. Junior Magno Martins, telefone: 48/ 3233 1919
Construtor: Marcelo de A. Garcia

Tabela A4.170- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sul

Tabela A4.171- Atividade profissional

Atividades predominantes: Dentistas, Ortodontia e Psicologia
--

Tabela A4.172- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 15	Área total do edifício: 4820,65m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,73m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,65m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 88	Área de cada pavimento: 570,63m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8	Área de cada pavimento: 261,10m²
	Área média de cada escritório: 22,79m²

Tabela A4.173- Características construtivas gerais

Cobertura	Telha de fibrocimento com inclinação de 10%. Laje treliçada sob o telhado e no terraço	Espessura: 12cm
Laje em contato com o solo: sem especificações		
Laje entre pavimentos tipo: laje treliçada		Espessura: 12cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado em sua menor dimensão		Espessura: 12cm
Cor das fachadas externas: azul e cerâmica branca		
Esquadrias	Material: Alumínio anodizado (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar e de correr (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: pele de vidro laminado com 8mm de espessura (em todas as fachadas)		

Tabela A4.174- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sul	14,30	30,97	39,5
Fachada 2	Oeste	18,85	30,97	19,8
Fachada 3	Norte	14,30	30,97	19,0
Fachada 4	Leste	18,85	30,97	19,9

EDIFÍCIO ROYAL TOWER



Fig. A4.59- Foto do edifício

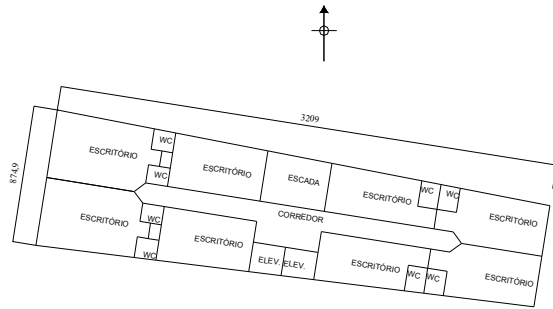


Fig. A4.60- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.175- Dados gerais

Endereço: Esteves Junior, nº 366
Ano de início de ocupação: 23/5/2000
Projetista: Dejalma F. Junior Magno Martins, telefone: 48/ 3233 1919
Construtor: Edson Carlos Teixeira Junior

Tabela A4.176- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Oeste

Tabela A4.177- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Dentistas e Internet
--

Tabela A4.178- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 13	Área total do edifício: 4318,04 m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,825 m
Nº de pavimentos tipo: 5	Pé-direito: 2,65m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 40	Área de cada pavimento: 638,5 m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8	Área de cada pavimento: 291,75 m²
	Área média de cada escritório: 25,22 m²

Tabela A4.179- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje treliçada	Espessura: 12cm
Laje em contato com o solo: sem especificações		Espessura: 12cm
Laje entre pavimentos tipo: Laje treliçada		Espessura: 12cm
Paredes externas: tijolo cerâmico de seis furos, assentado em sua menor dimensão		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: Amarela		
Esquadrias	Material: Alumínio anodizado(em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar (em todas as fachadas)	
Tipo de vidro: Laminado marrom, com espessura de 8mm. (em todas as fachadas)		

Tabela A4.180- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Oeste	10	14,15	25,4
Fachada 2	Norte	24,95	14,15	14,4
Fachada 3	Leste	6,95	14,15	24,4
Fachada 4	Sul	33,90	14,15	15,0

EDIFÍCIO SAINT JAMES



Fig. A4.61- Foto do edifício

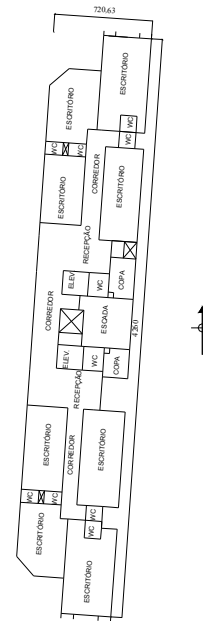


Fig. A4.62- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.181- Dados gerais

Endereço: Presidente Coutinho
Ano de início de ocupação: 11/01/1995
Projetista: Luis Antonio R. Teixeira Telefone: 48/ 3234 8828
Construtor: Luis Antonio R. Teixeira

Tabela A4.182- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sul

Tabela A4.183- Atividade profissional

Atividades predominantes: ACAFE, Dentistas e Psicologia
--

Tabela A4.184- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 13	Área total do edifício: 4569,8m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,90m
Nº de pavimentos tipo: 11	Pé-direito: 2,70m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 88	Área de cada pavimento: 277,7m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 8	Área de cada pavimento: 297m²
	Área média de cada escritório: 25m²

Tabela A4.185- Características construtivas gerais

Cobertura	Telha de fibrocimento sobre laje impermeabilizada	
Laje em contato com o solo: sem especificações		Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo: sem especificações		
Paredes externas: sem especificações		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: cinza-escuro e cinza-claro		
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar e de correr	

Tabela A4.186- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela / área da fachada (%)	Brises
Fachada 1	Sul	6,35	33	22,0	Verticais
Fachada 2	Oeste	41,40	33	16,5	Verticais
Fachada 3	Norte	6,35	33	22,0	Verticais
Fachada 4	Leste	41,40	33	15,1	Não possui

EDIFÍCIO SANTA EDWIGE

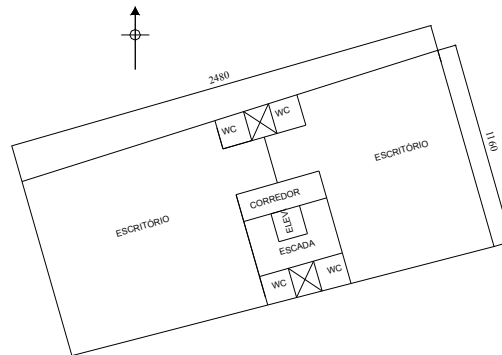


Fig. A4.63- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.187- Dados gerais

Endereço: Endereço não confere.
Ano de início de ocupação: 30/11/1976
Projetista: Ascanio Riccio
Construtor: Odilon Furtado Filho

Tabela A4.188- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Oeste
Tabela A4.189- Atividade profissional
Atividades predominantes:

Tabela A4.190- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 7	Área total do edifício: 2070m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: 1	Pé-direito: 2,50m
Nº de pavimentos tipo: 5	Pé-direito: 2,80m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 10	Área de cada pavimento: 283,4m ²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2	Área de cada pavimento: 260,5m ²
	Área média de cada escritório: 111,22m ²

Tabela A4.191- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje sob telhado
Laje em contato com o solo: sem especificação	Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo: sem especificação	Espessura: 10cm
Paredes externas: sem especificação	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: sem especificação	

Tabela A4.192- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Oeste	14,50	14,60	31,1
Fachada 2	Norte	24,20	14,60	4,2
Fachada 3	Leste	14,20	14,60	32,9
Fachada 4	Sul	24,20	14,60	3,4

EDIFÍCIO SUDAMERIS

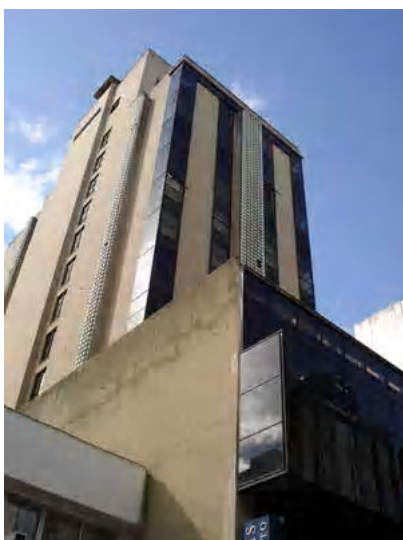


Fig. A4.64- Foto do edifício

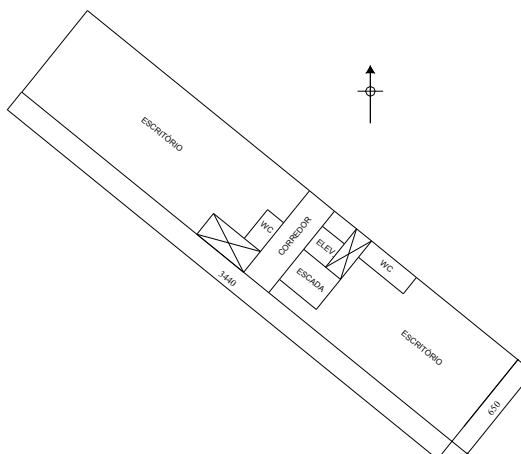


Fig. A4.65- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.193- Dados gerais

Endereço: Jerônimo Coelho, nº 280/ Centro
Ano de início de ocupação: 17/08/1982
Projetista: Luiz Beltrame Dal Molin
Cota Empreendimentos, telefone: 48/ 3028 01 00
Construtor: Celso Mauro Miranda Carneiro

Tabela A4.194- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Noroeste

Tabela A4.195- Atividade profissional

Atividades predominantes: Advocacia, Dentistas e Médicos
--

Tabela A4.196- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12	Área total do edifício: 17245,64m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 3	Pé-direito: 2,60m
Nº de pavimentos tipo: 9	Pé-direito: 2,60m
	Área de cada pavimento: 650m²
	Área de cada pavimento: 328m²

Tabela A4.197- Características construtivas gerais

Cobertura	terraço	Espessura: 15cm
Laje em contato com o solo:	sem especificações	Espessura: 15cm
Laje entre pavimentos tipo:	sem especificações	Espessura: 12cm
Paredes externas:	sem especificações	Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas:	marrom	

Tabela A4.198- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudeste	27,42	30,04	40,4
Fachada 2	Sudoeste	12,40	30,04	30,1
Fachada 3	Noroeste	27,42	30,04	52,8
Fachada 4	Nordeste	12,40	30,04	12,2

EDIFÍCIO TORRE DA COLINA



Fig. A4.66- Foto do edifício

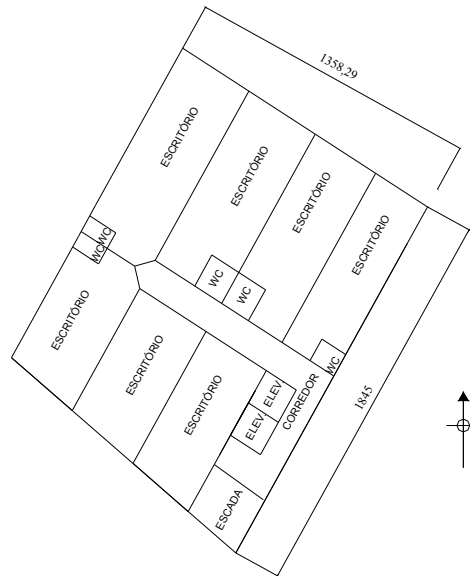


Fig. A4.67- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.199- Dados gerais

Endereço: Felipe Schmidt, nº 649
Ano de início de ocupação: 08/11/1996
Projetista: André Fco C, Schmidt
Construtor: Antônio Didoné RA Incorporações, telefone: 48/ 3225 68 66

Tabela A4.200- Tipologia arquitetônica

Forma: Quadrada
Orientação da fachada principal: Nordeste
Tabela A4.201- Atividade profissional
Atividades predominantes: Advocacia, Dentistas e Médicos

Tabela A4.202- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 12	Área total do edifício: 5860,9m²
Nº de pavimentos no sub-solo: 2	Pé-direito: 2,40m
Nº de pavimentos tipo: 10	Pé-direito: 2,60m
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 70	Área de cada pavimento: 603,5m²
Nº de escritórios por pavimento tipo: 7	Área de cada pavimento: 280m²
	Área média de cada escritório: 30,5m²

Tabela A4.203- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje impermeabilizada	Espessura: 20cm
	Laje em contato com o solo: sem especificações	Espessura: 10cm
	Laje entre pavimentos tipo: sem especificações	Espessura: 20cm
	Paredes externas: sem especificações	Espessura: 15cm
	Cor das fachadas externas: marrom	
Esquadrias	Material: Alumínio (em todas as fachadas)	
	Sistema de abertura: Máximo-ar e de correr	

Tabela A4.204- Fachadas

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Nordeste	15,72	30,8	100
Fachada 2	Sudeste	16,25	30,8	26,4
Fachada 3	Sudoeste	14,73	30,8	62,0
Fachada 4	Noroeste	16,25	30,8	24,4

EDIFÍCIO TRAJANUS



Fig. A4.68- Foto do edifício

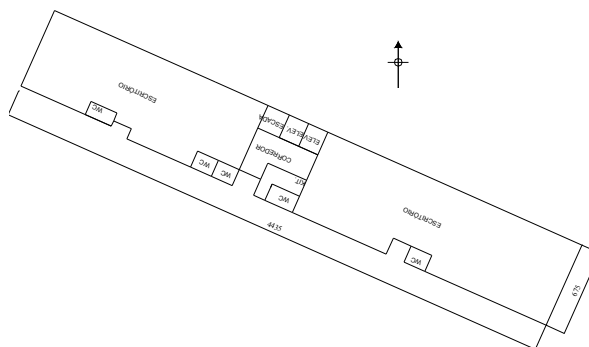


Fig. A4.69- Planta baixa do pavimento tipo.

Tabela A4.205- Dados gerais

Endereço: rua Trajano
Ano de início de ocupação: 13/04/1975
Projetista: Helvécio Mauro P. Neves
Construtor: Helvécio Mauro P. Neves

Tabela A4.206- Tipologia arquitetônica

Forma: Retangular
Orientação da fachada principal: Sudeste

Tabela A4.207- Atividade profissional

Atividades predominantes: Corretores de Imóveis, Centros de Design
--

Tabela A4.208- Pavimentos

Nº total de pavimentos: 8		Área total do edifício: 2947,1m ²
Nº de pavimentos no sub-solo: não há		
Nº de pavimentos tipo: 7	Pé-direito: 2,70m	Área de cada pavimento: 299,3m ²
Nº Total de salas nos pavimentos tipo: 14		
Nº de escritórios por pavimento tipo: 2		Área média de cada escritório: 121,8m ²

Tabela A4. 209- Características construtivas gerais

Cobertura	Laje sob telhado	Espessura: 10cm
Laje em contato com o solo: sem especificações		Espessura: 10cm
Laje entre pavimentos tipo: sem especificações		Espessura: 10cm
Paredes externas: sem especificações		Espessura: 15cm
Cor das fachadas externas: bege		

Tabela A4.210- Fachadas I

	Orientação	Largura (m)	Altura (m)	Área de janela/ área da fachada (%)
Fachada 1	Sudeste	11,85	19,70	38,8
Fachada 2	Sudoeste	46,55	19,70	5,8
Fachada 3	Noroeste	10,40	19,70	40,6
Fachada 4	Nordeste	46,55	19,70	0,0

Apêndice 5. Características dos materiais

A.5.1 Paredes

Tabela A5.1. Características dos componentes das paredes – caso base.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,025	1,15	2500	1
Material b	0,014	0,9	2900	0,92
Ar R=0,16	-	-	-	-
Material b	0,014	0,9	2900	0,92
Material a	0,025	1,15	2500	1
U _{par}				2,47W/(m ² .K)
C _{T par}				200kJ/ (m ² .K)

Tabela A5.2. Características dos componentes das paredes – 25%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,07	1,15	1300	1
Material b	0,014	0,9	1000	0,92
Material b	0,014	0,9	1000	0,92
Material a	0,07	1,15	1300	1
U _{par}				3,10W/(m ² .K)
C _{T par}				207kJ/ (m ² .K)

Tabela A5.3. Características dos componentes das paredes – 50%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,039	1,15	2000	1
Material b	0,014	0,9	2290	0,92
Material b	0,014	0,9	2290	0,92
Material a	0,039	1,15	2000	1
U _{par}				3,72W/(m ² .K)
C _{T par}				214kJ/ (m ² .K)

Tabela A5.4. Características dos componentes das paredes – -25%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]	
Material a	0,1	1,15	1200	1	
Material b	0,014	0,9	1000	0,92	
Ar R=0,16	-	-	-	-	
Material b	0,014	0,9	1000	0,92	
Material a	0,1	1,15	1200	1	
				U_{par}	1,86W/(m².K)
				C_{T par}	265kJ/ (m².K)

Tabela A5.5. Características dos componentes das paredes – -50%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]	
Material a	0,01	1,15	2500	1	
Material b	0,05	0,9	2300	0,92	
Material c	0,024	0,045	200	0,75	
Material b	0,005	0,9	2300	0,92	
Material a	0,01	1,15	2500	1	
				U_{par}	1,19W/(m².K)
				C_{T par}	265kJ/ (m².K)

A.5.2 Cobertura

Tabela A5.6. Características dos componentes da cobertura – caso base.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]	
Material a	0,007	0,95	1900	0,84	
Ar R=0,15	-	-	-	-	
Material b	0,08	1,75	2200	1	
				U_{cob}	2,42W/(m².K)
				C_{T cob}	187kJ/ (m².K)

Tabela A5.7. Características dos componentes da cobertura – 25%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,08	1,75	2200	1
Material b	0,004	0,045	200	0,75
				Ucob
				3,03W/(m ² .K)
				C _T cob
				110,6kJ/ (m ² .K)

Tabela A5.8. Características dos componentes da cobertura – 50%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,09	1,40	1700	1
				Ucob
				3,63W/(m ² .K)
				C _T cob
				153kJ/ (m ² .K)

Tabela A5.9. Características dos componentes da cobertura – -25%.

Material	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,007	0,65	1900	0,84
Material b	0,007	0,45	200	0,75
Ar R=0,15	-	-	-	-
Material c	0,05	1,75	2200	1
				Ucob
				1,81W/(m ² .K)
				C _T cob
				122kJ/ (m ² .K)

Tabela A5.10. Características dos componentes da cobertura – -50%.

Materiais	Espessura [m]	Condutividade [W/(m.K)]	Densidade [kg/m ³]	Calor específico [kJ/(kg.K)]
Material a	0,007	0,65	1900	0,84
Material b	0,019	0,45	200	0,75
Ar R=0,15	-	-	-	-
Material c	0,05	1,75	2200	1
				Ucob
				1,21W/(m ² .K)
				C _T cob
				124kJ/ (m ² .K)

A.5.3 Vidros

Tabela A5.11. Características dos vidros – caso base.

Material	Transmitância térmica [W/(m ² .K)]	Absortância	Resistência superficial externa [(m ² .K)/W]	Transmitância à radiação solar
Vidro fume 6mm	6,3	0,8	0,04	0,626
			FS	0,83

Tabela A5.12. Características dos vidros – vidro claro.

Material	Transmitância térmica [W/(m ² .K)]	Absortância	Resistência superficial externa [(m ² .K)/W]	Transmitância à radiação solar
Vidro claro 3mm	5,8	0,06	0,04	0,85
			FS	0,87

Tabela A5.13. Características dos vidros – refletivo prata.

Material	Transmitância térmica [W/(m ² .K)]	Absortância	Resistência superficial externa [(m ² .K)/W]	Transmitância à radiação solar
Vidro refletivo prata 6mm	4,0	0,8	0,04	0,482
			FS	0,61

Tabela A5.14. Características dos vidros – refletivo bronze.

Material	Transmitância térmica [W/(m ² .K)]	Absortância	Resistência superficial externa [(m ² .K)/W]	Transmitância à radiação solar
Vidro refletivo bronze 6mm	5,0	0,8	0,04	0,06
			FS	0,22

Apêndice 6. Relatório de saída EnergyPlus

Program Version:	EnergyPlus 1.2.3.031
Tabular Output Report in Format:	Comma
Building:	CASO BASE
Environment:	FLORIANOPOLIS -TRY WMO#=#
REPORT:	END-USE ENERGY CONSUMPTION - ELECTRICITY
FOR:	Meter

	GENERALLIGHTS:ELECTRICITY [kWh]	CAT01_ZONESOURCE:ELECTRICITY [kWh]	FANS:ELECTRICITY [kWh]	HEATING:ELECTRICITY [kWh]
January	3353.38	6352.89	762.15	0
February	3095.43	5864.21	651.61	0
March	3482.35	6597.23	610.98	0
April	3224.4	6108.55	402.01	0
May	3482.35	6597.23	159.5	0
June	3353.38	6352.89	49.6	0
July	3353.38	6352.89	59.54	0
August	3482.35	6597.23	55.17	0
September	3353.38	6352.89	122.02	0
October	3353.38	6352.89	194.56	0
November	3353.38	6352.89	357.47	0
December	3353.38	6352.89	500.69	0

Annual Sum or Average	40240.54	76234.67	3925.3	0
Minimum of Months	3095.43	5864.21	49.6	0
Maximum of Months	3482.35	6597.23	762.15	0

	COOLING:ELECTRICITY [kWh]	MISCELLANEOUS:ELECTRICITY [kWh]	ELECTRICITY:BUILDING [kWh]	ELECTRICITY:FACILITY [kWh]
January	14112.43	0	9706.27	24580.84
February	11847.77	0	8959.63	21459.01
March	11278.89	0	10079.59	21969.46
April	7190.59	0	9332.95	16925.55
May	2829.8	0	10079.59	13068.89
June	884.65	60	9706.27	10700.51
July	1070.11	28	9706.27	10863.92
August	967.57	43.4	10079.59	11145.72
September	2157.37	0	9706.27	11985.66
October	3459.45	0	9706.27	13360.28
November	6374.55	0	9706.27	16438.28
December	9030.08	0	9706.27	19237.03

Annual Sum or Average	71203.25	131.4	116475.22	191735.17
Minimum of Months	884.65	0	8959.63	10700.51
Maximum of Months	14112.43	60	10079.59	24580.84



UNIVERSIDADE FEDERAL
DE SANTA CATARINA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM ENGENHARIA CIVIL



COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE
PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR