

FLÁVIA CORRÊA BORGES ANTUNES

**EFEITOS DA VEGETAÇÃO NO CONFORTO
AMBIENTAL INTERNO EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

FLÁVIA CORRÊA BORGES ANTUNES

**EFEITOS DA VEGETAÇÃO NO CONFORTO
AMBIENTAL INTERNO EM EDIFÍCIOS CORPORATIVOS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 21 de novembro de 2003.

Prof. Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá
(Conselheiro)

Prof. Fernando da Costa Baêta
(Conselheiro)

Prof. Elias Silva

Prof. Afonso Henrique Lima Zuin

Prof. Wantuelfer Gonçalves
(Orientador)

Aos meus pais José Correa Antunes e Carolina Corrêa Borges, aos meus irmãos Carla e Rodrigo, por todo amor e dedicação, tornando possível mais essa vitória.

AGRADECIMENTO

A Deus, por iluminar o meu caminho.

À Universidade Federal de Viçosa, por intermédio do Departamento de Engenharia Florestal e do Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, pela possibilidade de aperfeiçoamento profissional.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

À empresa CPT – Centro de Produções Técnicas, por ter disponibilizado o espaço empresarial para montagem e realização do experimento da pesquisa.

Ao professor Wantuelfer Gonçalves, pela oportunidade e confiança no desenvolvimento dos trabalhos, compreensão em todos os momentos e pela amizade.

Ao professor Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá, pela orientação e dedicação que foram decisivas para realização deste trabalho e pelo apoio nos momentos difíceis através dos conselhos para a vida.

Ao professor Fernando da Costa Baêta, pelo apoio, pela compreensão e pela orientação na realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmãos, pelo incentivo e apoio em buscar de novos conhecimentos, sem eles essa conquista seria mais difícil.

Ao meu namorado Victor Araújo, pelo carinho, apoio e ajuda na superação dos desafios.

Aos professores Everardo Chartuni Mantovani e Cecília de Fátima Souza e a todos do Departamento de Engenharia Agrícola que contribuíram com a cessão de equipamentos para a realização dos trabalhos.

Ao Departamento de Fitotecnia, na pessoa da professora Hermínia Emília Prieto Martinez e do professor Paulo Moraes, pela cessão de material bibliográfico para realização deste trabalho.

Ao estudante de Arquitetura e Urbanismo, Rafael Rust Neves, pela colaboração nos trabalhos de campo e pela amizade.

Aos professores do Departamento de Engenharia Florestal, pelos conhecimentos transmitidos.

Aos funcionários do Departamento de Engenharia Florestal, em especial à Ritinha e ao Frederico, pelo apoio para realização deste trabalho.

Aos funcionários do Serviço de Parques e Jardins, em especial o Sr. Geraldo Marcos Rodrigues, pelo empréstimo de plantas ornamentais para realização da pesquisa de campo.

À empresa JCA Projetos e Serviços, pela colaboração e pelos incentivos para realização deste trabalho.

Aos Senhores Elias Chequer, Sérgio Chequer e Rodrigo Chequer, pela amizade e confiança em trabalhos profissionais, nos quais balizaram este trabalho.

Aos amigos Artileu, Alice, Breno, Fernanda, Janaína, Juliana, José Luís, Leonardo, Letícia, Marina, Mônica, Patrícia, Renata, Ricardo, Wilson, pelas grandes conquistas compartilhadas: carinho, amizade, alegria, desafios e união. Em especial aos amigos Alexandre Nogueira Ferreira, Andressa Caldeira Vasconcelos e Viviane Lourenço de Amorim.

Às colegas de república, Élen, Fabiane e Laudiene, pelo companheirismo, convivência diária e descontração.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, pelo companheirismo, convivência diária, colaboração e incentivos no decorrer do curso.

A todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

FLÁVIA CORRÊA BORGES ANTUNES, filha de José Corrêa Antunes e Carolina Corrêa Borges, nasceu no dia 23 de novembro de 1974, em Belo Horizonte, MG.

Em 1994, iniciou o curso de Arquitetura e Urbanismo na Universidade Federal de Viçosa (UFV), graduando-se em agosto de 1999.

Em julho de 1998 iniciou seus trabalhos profissionais em Arquitetura para a Construtora Enfoque Engenharia Ltda, finalizando-os em janeiro de 2002.

Em agosto de 2001, ingressou no Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal do Departamento de Engenharia Florestal da UFV, em nível de Mestrado, área de concentração Paisagismo.

“Projetar com vegetação significa trabalhar em cumplicidade direta com seres vivos, que crescem e se desenvolvem com o correr do tempo, criando e recriando espaços a cada nova estação”.

Silvio Soares Macedo

CONTEÚDO

LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE QUADROS	xv
DEFINIÇÕES	xvi
ABREVIATURAS.....	xix
RESUMO	xx
ABSTRACT	xxiii
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. O problema e sua importância.....	4
1.2. Edifício Corporativo	5
1.3. Objetivos.....	7
1.3.1. Geral	7
1.3.2. Específicos.....	7
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	8
2.1. Paisagismo	8
2.2. Área verde urbana.....	10
2.2.1. Formação do espaço urbano de Viçosa.....	10
2.2.2. As áreas verdes e seus efeitos sobre o entorno	11
2.3. Clima urbano	12
2.4. A influência da vegetação nos ambientes dos edifícios, com a interferência dos elementos climáticos	16
2.4.1. Radiação solar	16

2.4.2. Efeitos térmicos da radiação solar	16
2.4.3. Penetração de calor	17
2.4.4. Vegetação e radiação solar	19
2.4.5. Fotossíntese	20
2.4.6. Vegetação e temperatura do ar	21
2.4.7. Vegetação e ilha de calor.....	24
2.5. Umidade relativa.....	25
2.6. Precipitação	26
2.7. A importância da evapotranspiração	26
2.7.1. Evaporação.....	26
2.7.2. Transpiração	26
2.7.3. Evapotranspiração	27
2.8. Movimentos do ar	28
2.8.1. O vento e o edifício	29
2.8.2. O vento e a vegetação	32
2.9. Perfil de consumo de energia elétrica em edificações brasileiras	34
2.9.1. Consumo de energia elétrica nos setores comercial e público ..	34
2.9.2. Energia elétrica em escritórios	35
3. MATERIAL E MÉTODOS	36
3.1. Caracterização da área de estudo.....	36
3.2. Caracterização do objeto de estudo	37
3.2.1. Edifício A.....	38
3.2.2. Edifício B.....	42
3.3. Metodologia	46
3.3.1. Espécies vegetais utilizadas nas pesquisas	48
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4.1. Edifício A.....	53
4.1.1. Sala da recepção	53
4.1.2. Sala de Computação Gráfica	63
4.1.3. Sala 1 no 2º andar	72
4.1.4. Sala 1 no 3º andar	82
4.1.5. Sala 1 no 4º andar	91
4.2. Edifício B.....	100

4.2.1. Sala de Cursos On-Line.....	100
4.2.2. Sala de Planejamento.....	110
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	119
5.1. Conclusões gerais	119
5.2. Conclusões específicas	120
5.3. Recomendações para trabalhos futuros	122
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	123
ANEXOS	128

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Recomendação para atenuar ruídos em residências e a provável redução obtida	11
Figura 2 - Clima sob influência urbana	13
Figura 3 - Trocas de calor nas áreas urbana e rural	14
Figura 4 - Características das regiões de comprimentos de onda da luz	18
Figura 5 - Variação diária da temperatura o ar, sob grupamento composto por espécies vegetais	21
Figura 6 - Os vegetais têm, no verão, um comportamento térmico superior aos materiais inertes	22
Figura 7 - Corte de uma típica ilha de calor urbana	25
Figura 8 - Variação da velocidade do vento e altura	28
Figura 9 - Efeito Pilotis	30
Figura 10 - Efeito Esquina	30
Figura 11 - Efeito Venturi	31
Figura 12 - Efeito Barreira	31
Figura 13 - Efeito de Canalização	32
Figura 14 - Numa massa de vegetação, as árvores a barlavento desfolham mais que aquelas a sotavento	33
Figura 15 - Consumo de energia elétrica	34
Figura 16 - Consumo final de energia elétrica em escritórios	35

Figura 17 - Localização geográfica de Viçosa em Minas Gerais	36
Figura 18 - Planta de situação dos edifícios A e B, área central de Viçosa, Minas Gerais	37
Figura 19 - Planta Baixa do Edifício A (1º Andar e 2º Andar)	39
Figura 20 - Planta Baixa do Edifício A (2º Andar e 3º Andar)	40
Figura 21 - Planta Baixa do Edifício B (1º Andar)	43
Figura 22 - Planta Baixa do Edifício B (2º Andar)	44
Figura 23 - Café de salão dourado	48
Figura 24 - Alpinia	48
Figura 25 - Antúrio	49
Figura 26 - Dracena	49
Figura 27 - Palmeira	49
Figura 28 - Espatifilo	50
Figura 29 - Recepção original	53
Figura 30 - Recepção com a presença de vegetação para realização da pesquisa	53
Figura 31 - Edifício A, recepção. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	58
Figura 32 - Edifício A, recepção. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	59
Figura 33 - Edifício A, recepção. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e, temperatura do ar, em dias de céu nublado	60
Figura 34 - Edifício A, recepção. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	61
Figura 35 - Aplicação da carta bioclimática de Olgyay no Edifício A (h=1,5m) para condições de verão, céu claro ou nublado no horário de 8h às 18h. Associado a um trabalho leve em escritório gerando 130-150W e, pessoas com vestimentas de 1 “clo”	62
Figura 36 - Computação Gráfica original	63
Figura 37 - Computação Gráfica com a presença de vegetação para realização da pesquisa	63
Figura 38 - Detalhe da vegetação	63

Figura 39 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	68
Figura 40 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	69
Figura 41 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado	70
Figura 42 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	71
Figura 43 - Sala 1 original	72
Figura 44 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa	72
Figura 45 - Vista externa da Sala 1	72
Figura 46 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	77
Figura 47 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	78
Figura 48 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado	79
Figura 49 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	80
Figura 50 - Aplicação da carta bioclimática de Olgyay no Edifício A (h=1,5m) para condições de verão, céu claro ou nublado no horário de 8h às 18h. Associado a um trabalho leve em escritório gerando 130-150W e , pessoas com vestimentas de 1 “clo”	81
Figura 51 - Sala 1 original	82
Figura 52 - Sala 1 com a presença de vegetação para realização da pesquisa	82
Figura 53 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	87
Figura 54 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	88
Figura 55 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado...	89

Figura 56 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	90
Figura 57 - Sala 1 original	91
Figura 58 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa	91
Figura 59 - Vista externa da sala 1	91
Figura 60 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	96
Figura 61 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	97
Figura 62 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado	98
Figura 63 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	99
Figura 64 - Sala de cursos <i>on-line</i> original	100
Figura 65 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa	100
Figura 66 - Edifício B, cursos <i>on-line</i> . Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	105
Figura 67 - Edifício B, cursos <i>on-line</i> . Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	106
Figura 68 - Edifício B, cursos <i>on-line</i> . Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado	107
Figura 69 - Edifício B, cursos <i>on-line</i> . Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	108
Figura 70 - Aplicação da carta bioclima'tica de Olgyay no Edifício B (h=1,5m) para condições de verão, céu claro ou nublado no horário de 8h às 18h. Associado a um trabalho leve em escritório gerando 130-150W e , pessoas com vestimentas de 1 "clo"	109
Figura 71 - Sala de planejamento original	110
Figura 72 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa	110

Figura 73 - Edifício B, planejamento. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro	115
Figura 74 - Edifício B, planejamento. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro	116
Figura 75 - Edifício B, planejamento. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado	117
Figura 76 - Edifício B, planejamento. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado	118
Figura 77 - Carta Bioclimática de Olgay para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo”	130
Figura 78 - Importância da atividade na definição das condições térmicas mais apropriadas do meio	130
Figura 79 - Gráfico dos valores climáticos de temperatura para Viçosa, no período de 1961 a 1990	132

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Relação de algumas diferenças entre o urbano e o rural.....	15
Quadro 2 - Dados do Edifício A.....	41
Quadro 3 - Dados do Edifício B.....	45
Quadro 4 - Condições do Céu e Visibilidade Solar.	47
Quadro 5 - Propriedades radioativas de materiais e superfícies urbanas típicas (latitudes médias).....	129
Quadro 6 - Conclusão das análises dos dados para os edifícios A e B.	131
Quadro 7 - Valores climatológicas médios para Viçosa, Minas Gerais, no período de 1961 a 1990.	132
Quadro 8 - Organização do Território no Município de Viçosa.....	136

DEFINIÇÕES

Arquitetura bioclimática: baseia-se na idéia de que a construção integra e interage com o ecossistema, utilizando-o para projetar e construir, ou seja, tira-se partido do clima, da vegetação, do entorno e dos materiais de construção (Rosa, 1991).

Árvores caducifólias: caracterizam-se por perderem a folhagem em um certo período do ano, normalmente o inverno.

Barlavento: bordo favorável àquele donde sopra o vento.

“Clo”: unidade de resistência térmica para vestimenta. 1 “clo” corresponde a uma vestimenta leve, cuja resistência térmica equivale a $0,15^{\circ}\text{C m}^2/\text{W}$ (Frota e Schiffer, 1995).

Condução: processo pelo qual o calor flui de uma região de temperatura mais alta para outra de temperatura mais baixa, dentro de um meio (sólido, líquido ou gasoso) ou entre meios diferentes em contato físico direto; a energia é transmitida mediante comunicação molecular direta, sem apreciável deslocamento das moléculas.

Conforto: sensação de bem estar que uma pessoa expressa em um ambiente, em função daquilo que esse ambiente construído possibilita ao indivíduo, sob o aspecto bioambiental, em termos de luz, som, calor, uso do espaço e das experiências próprias de cada pessoa. Por sua vez, orientam suas respostas aos estímulos recebidos, conforme suas sensibilidades, necessidades e aspirações. O estímulo pode ser mensurado fisicamente, mas a sensação

("aesthesys") não é facilmente quantificada; essa última é fruto da adaptação fisiológica, só podendo ser expressa pelos usuários.

Convecção: processo de transporte de energia pela ação combinada da condução de calor, armazenamento de energia e movimento de mistura; trata-se de fenômeno importante principalmente como mecanismo de transferência de energia entre uma superfície sólida e um líquido ou um gás.

Domo urbano: maior gradiente horizontal de temperatura (ilha de calor), geralmente observada na região central de uma área urbanizada.

Edifícios Inteligentes (EI): oferecem um ambiente produtivo e econômico mediante otimização de quatro elementos básicos: estrutura, sistemas, serviços e gerenciamento, bem como das inter-relações entre eles (Castro Neto, 1994).

Emissividade: é o quociente da radiância de um corpo a uma temperatura pela radiância de um corpo radiante perfeito à mesma temperatura (Rivero, 1986).

Emitância (radiante): quantidade de energia radiante emitida por uma fonte na unidade de tempo, por unidade de área; densidade de fluxo radiante.

Estômatos: pequena abertura na epiderme foliar e caulinar, que se abre, internamente, num sistema de canais aeríferos, que permitem as trocas gasosas necessárias à vida das plantas. É formado por duas células reniformes, que se afastam ou se aproximam, abrindo ou fechando (Paiva, 1997).

Iconografia: arte de representar por meio da imagem. Documentação visual que constitui ou completa obra de referência e/ou de caráter histórico, geográfico, etc.

Inércia térmica do edifício: lento processo de acumular calor, primeiro em todos os materiais que o compõem, para depois cedê-lo ao ambiente.

Luminância: capacidade que tem a superfície de um corpo em disponibilizar luz percebida pelo sistema visual humano; a superfície atua como uma fonte de luz. O efeito da luz na visão depende da posição e da direção de observação do usuário.

Radiação: processo pelo qual o calor é transmitido de um corpo a alta temperatura para um de mais baixa, por meio de ondas eletromagnéticas, quando tais corpos estão separados no espaço.

Sotavento: bordo contrário àquele donde sopra o vento.

Tecnógeno: de origem tecnológica.

Transmitância: em um sistema que recebe energia radiante, é a fração dessa energia que atravessa o sistema.

ABREVIATURAS

ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ASLA - American Society of Landscape Architects.

CC - Condição de céu claro.

CN - Condição de céu nublado.

CV - Com a implementação de vegetação dentro das salas.

EC - Edifício Corporativo.

Ext 1... 5 - Medição realizada em determinados pontos no Exterior da construção.

Int 1... 7 - Medição realizada em determinados pontos no Interior da construção.

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações.

SV - Sem a implementação de vegetação dentro das salas.

TBS - Temperatura de bulbo seco.

TBU - Temperatura de bulbo úmido.

TS - Temperatura superficial.

UR - Umidade relativa do ar.

v_{ar} - Velocidade do ar.

RESUMO

ANTUNES, Flávia Corrêa Borges, M.S., Universidade Federal de Viçosa, novembro de 2003. **Efeitos da vegetação no conforto ambiental interno em Edifícios Corporativos.** Orientador: Wantuelfer Gonçalves. Conselheiros: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá e Fernando da Costa Baêta.

O surgimento e o crescimento das cidades têm provocado desequilíbrios no meio ambiente. Esse crescimento contribui para o aumento da temperatura média do planeta, a diminuição da quantidade de áreas verdes e das espécies vegetais existentes, altera o clima urbano e reduz as superfícies de absorção térmica, o que realça o efeito da ilha de calor. Uma forma para atenuar o clima urbano é a utilização do paisagismo vertical, realidade em várias regiões brasileiras. Todavia, o paisagismo é voltado principalmente para fatores estéticos associados a projetos arquitetônicos. Em alguns casos, esses fatores resultam em uma baixa eficiência energética das construções e conseqüentemente a insatisfação por parte dos usuários. Nesse contexto, percebeu-se a necessidade de desenvolver o presente trabalho visando a investigar as condições para implantar áreas verdes em Edifícios Corporativos e a delinear meios para controle natural da temperatura e da ventilação. Do ponto de vista experimental, a pesquisa foi realizada de fevereiro a março de 2003, em dois Edifícios Corporativos localizados próximos à área central da cidade de Viçosa - MG. Estes edifícios são vizinhos e diferem quanto aos

materiais construtivos, orientação solar e aberturas para ventilação. Para realização do experimento foram escolhidas algumas salas dos edifícios, nas quais foram colocados vasos com plantas, próximos às paredes externas sujeitas a maior intercâmbio térmico devido a efeitos do sol e dos ventos. De acordo com as dimensões das salas, foram escolhidos os pontos para medição de fatores ambientais térmicos, de umidade e de ventilação. Em todos os pontos foram feitas medições no ar nas alturas de 0,80 m e 1,50 m do piso. Nos edifícios A e B, a inclusão de vegetação fez com que a temperatura abaixasse e a umidade aumentasse, o que repercutiu também nas salas próximas que não tinham a presença de plantas. Isso aconteceu porque a maior parte das salas ficava com as portas e janelas abertas. No edifício A, ao longo do período de medições sem vegetação, as temperaturas do ar oscilaram entre 23,5 e 32,8°C e as umidades relativas do ar entre 45 e 82%. Com a inclusão de vegetação, ocorreram reduções da temperatura de 1 a 5°C e aumento da umidade relativa de 8 a 22%. No edifício B, as temperaturas do ar oscilaram entre 24,5 e 30,9°C e as umidades relativas do ar entre de 49 e 79%. Com a inclusão de vegetação, ocorreram reduções da temperatura de 4,3 a 5,5°C e aumento da umidade relativa de 11 a 18%. Conjugando-se as variáveis ambientais associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que, na maioria das salas, a sensação de conforto melhorou. Ainda que, de um modo geral, as temperaturas do ar em dias com vegetação tenham ficado próximas ou na faixa de conforto ótimo, a sensação de conforto não foi ótima devido ao aumento da umidade relativa. Ou seja, a quantidade e o tipo de vegetação e/ou déficits de ventilação influíram na condição de conforto. Avaliando os resultados em dias de céu nublado, verificou-se que mesmo a temperatura diminuindo, a presença de vegetação permitiu um aumento acentuado da umidade relativa, fazendo com que as salas ficassem desconfortáveis. A sala de computação gráfica, no edifício A, era o único ambiente com ar-condicionado e em todas as medições com e sem vegetação a sala permaneceu dentro dos limites de conforto. Baseando-se nos edifícios estudados, concluiu-se que o volume de vegetação dentro das salas não deve ser acima de 6% do volume do ambiente, tanto para condições de céu claro como nublado. Acima disso, em ambientes com baixíssima ventilação ($v_{ar} < 0,1$ m/s), há grande tendência de se verificarem

umidades relativas superiores a 75%, em condição de verão, aumentando as manifestações de desconforto higrotérmico.

ABSTRACT

ANTUNES, Flávia Corrêa Borges, M.S., Universidade Federal de Viçosa, November 2003. **Effects of the vegetation upon internal environment comfort inside Business Buildings.** Adviser: Wantuelfer Gonçalves. Committee members: Antônio Cleber Gonçalves Tibiriçá and Fernando da Costa Baêta.

The arrival and growth of cities has created an unstable environment. This growth has contributed for increasing the average temperature of the planet. The decrease of the quantity of green areas and the existing vegetation species, alter the urban climate and reduce the thermal intake of surfaces, which highlights the effects over the heat island. A way of attenuating the urban climate is the use of vertical landscaping, which is already a reality in many regions of Brazil. However, landscaping is regarded mainly to aesthetics factors related to architectural projects, in some cases these factors result in a low energy efficiency of constructions e consequently no satisfaction by part of users. The necessity of developing the present study with the aim of investigating the conditions for implanting green areas in business buildings and delineating means for natural control of the temperature and ventilation was noticed in this context. From an experimental point of view, the research was carried on from February to March of 2003, in two buildings, both located close to the central green area of Viçosa (MG). These buildings are next to each other and differ on constructive materials, solar orientation and fends for ventilation.

For the realization of the experiment some rooms of both buildings were picked out. Vases with plants were put next to the external walls which were subject to a greater thermal interchange due to sun and wind effects. According to dimensions of the room, some points were chosen for the measuring of humidity and ventilation. In all points, air measurements were conducted at the height of 0.80m and 1.50m from the floor. In buildings A and B, the inclusion of vegetation made the temperature drop and the humidity rise, also reflecting on the offices which were close and had no presence of plants. This happened because most part of the offices had their doors and windows kept open. In building A, throughout the measuring period without plants, the air temperatures varied from 23.5 and 32.8°C and the relative air humidity from 45 to 82%. With the inclusion of vegetation, there were temperature drops of 1 to 5°C and an increase from 8 to 22% for the relative humidity. In building B, the air temperatures varied from 24.5 to 30.9°C and the relative humidity among 49 and 79%. With the inclusion of vegetation there were reductions of temperature from 4.3 to 5.5°C and an increase of the relative humidity from 11% to 18%. Conjugating the environmental variables associated with the condition of clear skies, it can be said that in most offices, the sensation of comfort was improved. Although the air temperatures in days with plants were kept close to or at the very good comfort range, the sensation of comfort was not, due to the increase of the relative humidity. In other words, the quantity and type of plants and/or deficit of ventilation influenced the comfort condition. Evaluating the results on cloudy days, it was verified that although the temperature dropped, the presence of plants resulted in a prominent increase of the relative humidity making the offices uncomfortable. The computer graphics room in building A was the only quarter equipped with air-conditioning and in all the measurements, with and without plants, the room had stayed within the comfort limits. Based on the buildings which were studied, it was concluded that volume of plants inside the offices should not be over 6% of the volume of the environment, whether for clear sky or cloudy sky conditions. Over this limit, in places with a very low ventilation ($v_{ar} < 0,1$ m/s), it was verified a relative humidity above 75% in summer conditions, which increases the hygrothermal discomfort.

1. INTRODUÇÃO

O processo de planejamento urbanístico das cidades brasileiras acentuou-se a partir de 1930 com aliança política comandada por Getúlio Vargas. Nessa época, foram estabelecidas novas bases estruturais para a modernização do País. O modelo de desenvolvimento tinha um padrão urbano e acompanhava as influências internacionais baseadas no consumo de bens duráveis e, ainda, incentivava a industrialização para substituir as importações. Até o início da década de 60, o desenvolvimento econômico foi responsável pela penetração das relações capitalistas de produção nas áreas rurais e pela promoção da concentração urbana no País, especialmente na Região Sudeste.

A evolução desse processo fez com que, em termos demográficos, a população rural brasileira passasse de 84% do total em 1940, para 71,2% em 1960. Como se pode inferir dos censos de 1960, 1970 e 1980, o Brasil teve invertida a distribuição espacial de sua população, ou seja, de concentrada no meio rural para concentrada no meio urbano. Os 71,2% da população concentrada no meio rural em 1960 declinaram para 58,9% em 1970 e para 46,4% em 1980 (Menezes, 1996).

Neste contexto, inserida no mundo capitalista, de forma mais abrangente, a partir da década de 80, a sociedade brasileira começou a promover discussões e agir quanto à exploração dos recursos naturais existentes. O reavivamento da necessidade de interação entre o homem e o ambiente adveio do distanciamento entre o homem e os elementos naturais, e

suas implicações na qualidade de vida e na geração de impactos ambientais cada vez maiores na paisagem, muitas vezes irreversíveis.

Em 1972, foi realizada a Conferência de Estocolmo e, pela primeira vez, alertava-se para o fato de que as autoridades responsáveis deveriam dar o primeiro passo para solucionar problemas ambientais. Como resultado dos acordos pactuados pelos diversos países participantes surgiram, em todo o mundo, com maior ou menor grau de eficácia, Políticas Nacionais de Meio Ambiente (Chacel, 2001).

Dessa percepção e da necessidade de contato com a natureza, ficou mais premente para as populações das grandes cidades que era e é essencial promover a implantação de áreas verdes nos espaços vazios entre as construções, assim como recuperar as paisagens descaracterizadas pelas construções. Barbosa (1989) destaca que foi com o desenvolvimento das cidades que os seres humanos sentiram a importância fundamental do paisagismo.

A Sociedade Norte-Americana de Arquitetos Paisagistas (ASLA) definiu, em 1975, que paisagismo é o campo de atuação profissional onde se aplicam princípios artísticos e científicos para a pesquisa, o planejamento e a administração do ambiente natural e construído; a criação e a técnica, o conhecimento cultural e político no arranjo planejado de elementos naturais e construído.

Barbosa (2002), relata que o paisagismo não é o plantio aleatório de plantas ornamentais para formação de um jardim. A inexistência de projetos paisagísticos adequados acaba por originar paisagens esteticamente indesejáveis, espécies vegetais impróprias ao clima local são plantadas, criando condições favoráveis ao desenvolvimento de doenças e ao ataque de pragas. Algumas espécies de grande porte podem ainda eliminar outras menores e, dessa forma, o jardim perde sua finalidade estética e ambiental.

Nas áreas urbanas, o paisagismo permite criar microclimas diferenciados, equivalente à paisagem das áreas rurais. Pesquisas realizadas comprovam que a temperatura pode aumentar em até 12°C nas áreas urbanizadas, em noites claras e calmas, se comparada às áreas rurais (Oke, 1981; Eliasson, 2000).

Nas regiões tropicais, se uma pessoa ficar exposta aos raios solares diretos poderá experimentar uma sensação de calor equivalente a um aumento de 7°C na temperatura do ar. Nessas regiões, em ambientes internos, a temperatura sofre interferência dos materiais que constituem as construções, ou até mesmo influências causadas por outras construções e vegetações próximas.

No Brasil, o crescimento das cidades não tem vindo acompanhado de um planejamento ambiental. Associa-se a isso, o aumento no número de edificações e o maior adensamento urbano, fatores que também têm levado os seres humanos a passarem muito mais tempo em lugares fechados, isolados do contato direto com a natureza. Esses condicionantes apontam a necessidade de pesquisas para implantação de áreas verdes objetivando a qualidade de vida dos usuários e a eficiência energética, bem como um maior contato entre o homem e a natureza.

As áreas verdes também passaram a ser implantadas ao longo dos edifícios, originando um paisagismo vertical. Para Richards (2001), a vegetação incorporada a partir do nível da rua, subindo pelo edifício, como uma continuação do ecossistema, tem facilitado a migração de espécies vegetais, gerado os mais diversos e estáveis ecossistemas e, também, criado ambientes cada vez mais agradáveis nas fachadas e no interior das construções.

A idéia de aplicar o paisagismo vertical em Edifícios Corporativos (EC) é uma forma de aumentar a qualidade e a quantidade de áreas verdes nas cidades, proporcionando, assim, melhor qualidade de vida às pessoas que utilizam esses espaços e controle natural da temperatura e ventilação. Contribui, ainda, para a conscientização cada vez maior das pessoas que residem nas cidades.

Buscando tratar de uma maneira integrada o meio natural e construído, o presente trabalho pretende contribuir e colaborar para a melhoria do meio ambiente onde vivemos. É essencial que o esforço coletivo da população e das autoridades seja estimulado para a ampliação de melhores resultados ambientais e sua extensão a outras regiões. No âmbito da ecologia, esta dissertação investe com esperança na recuperação de parte do que foi destruído no processo de crescimento das cidades brasileiras.

1.1. O problema e sua importância

A urbanização das cidades tem trazido consigo um desequilíbrio ecológico do meio ambiente. Esse desequilíbrio vem causando o aumento na temperatura do meio urbano e uma diminuição da base genética das espécies vegetais existentes.

Em cidades com intenso ritmo de crescimento, como Viçosa, isso vem acontecendo, principalmente, devido ao aumento de empreendimentos ligados às áreas residencial, comercial, industrial e/ou institucional. Também com o aumento populacional, a qualidade ambiental vem ficando comprometida. Esse contexto tem proporcionado novas soluções para a implementação do verde na cidade e vem despertando as pessoas para a sua necessidade.

O aumento na instabilidade climática do meio ambiente e a supressão da antiga paisagem urbana implicam em mudanças nos costumes e valores de uma sociedade. Isto suscita o estudo de novos hábitos coletivos e novas percepções ligadas à questão ambiental, visando uma melhor qualidade de vida.

Com base nas pesquisas de Fonseca (1997) e de Santos e Teixeira (2001), verifica-se que muitas são as vantagens de aumentar a quantidade e a qualidade de áreas verdes nas cidades, como:

- propiciar o equilíbrio dos ecossistemas;
- melhorar a qualidade do ar, ao servirem como filtros para poeiras, sólidos em suspensão e poluentes gasosos da atmosfera;
- promover a descontinuidade espacial, representando espaços de subtração ao adensamento das construções;
- reproduzir espécies vegetais, garantindo a manutenção da biodiversidade e dos bancos genéticos em nível local;
- servir de área de aprendizado e convivência com a natureza, em especial dentro de um processo educativo;
- modificar o clima local, evitando as chamadas ilhas de calor;
- fornecer valor iconográfico a locais dentro do município, facilitando a identidade do habitante com a cidade;
- servir como área de esponja e infiltração para as águas pluviais;
- diminuir os impactos visuais negativos;

- diminuir os níveis de ruídos urbanos.

A implantação de vegetação nas fachadas, coberturas ou no interior dos edifícios é uma forma de aumentar as áreas verdes urbanas, tendo como consequência melhorias no equilíbrio térmico e na ventilação no interior das construções, além de redução do estresse para o usuário do local.

A importância de se colocar áreas verdes ao longo de edifícios deve estar diretamente ligada a alguns fatores, para um desenvolvimento harmônico das plantas, observando-se, por exemplo:

- o grau de manutenção;
- a qualidade de luz;
- a atração de insetos e aves indesejáveis;
- a orientação do sol e dos ventos predominantes;
- a profundidade das raízes de plantas colocadas nas jardineiras;
- a massa vegetal produzida;
- o acesso facilitado para manuseio das plantas;
- a qualidade do ar;
- a necessidade de janelas para contemplação do verde.

Um planejamento adequado do paisagismo também deverá considerar como prioridade o tipo de planta a ser colocado no ambiente, a fim de evitar uma modificação indesejada da temperatura do ambiente interno de um edifício. Com a implantação de vegetação em edifícios, pode-se restituir às cidades parte dos ecossistemas e de suas paisagens naturais, evitando-se sua total extinção. A introdução do verde traz mais uma possibilidade de respirar “vida” nas cidades.

1.2. Edifício Corporativo

Allen (1982) define o edifício como uma construção destinada a alojar pessoas, fornecendo a elas as condições necessárias para desenvolver do melhor modo as atividades previstas.

Castro Neto (1994) define que Edifício Corporativo (EC) é projetado especificamente para alojar escritórios de uma única empresa. Demonstra grande ênfase tecnológica tanto em sua solução estrutural como na adaptação

de avançadas tecnologias, podendo adaptar-se ao conceito de edifício inteligente.

Segundo Stepan (1980), corporativismo se refere a um conjunto particular de políticas e disposições institucionais para estruturar a representação dos interesses em comum.

Para Castro Neto (1994), os EC esboçam e resolvem uma série de problemas característicos, com um impacto visual que os define como “edifícios símbolos” da companhia à qual pertencem ou representam, transcendendo seu caráter arquitetônico para constituir-se como “barco insígnia” sob a bandeira de uma corporação. Considerando-se os crescentes aspectos relacionados ao racionamento de energia, torna-se importante o estudo de soluções arquitetônicas que busquem o aproveitamento de recursos naturais para a eficiência energética nos edifícios.

Um terço da energia utilizada pelo mundo desenvolvido é consumida pelo setor de edificação, com um custo que tem sido incrementado anualmente em 40% (Vianna e Gonçalves, 2001). À necessidade de uma administração eficaz da energia, unem-se fatores como novos métodos de trabalho. A utilização adequada da vegetação nas fachadas dos edifícios pode ser uma forma de minimizar o consumo de energia.

Escolher um EC para estudo relaciona-se à importância da organização social existente nesses edifícios, projetados para um uso específico. Dessa forma, visando-se à qualidade de vida dos usuários, à melhoria do microclima nas fachadas, à eficiência energética e à economia de recursos naturais, esta pesquisa permitiu avaliar, em pequena escala, a incorporação de áreas verdes em EC.

O que distingue os EC dos edifícios de escritórios é o fato de que estes têm seu uso comercial diferenciado, pois podem ser compartilhados por várias empresas, independentemente do caráter de suas atividades (Castro Neto, 1994). Nos edifícios de escritórios, as áreas verdes existentes nas fachadas são normalmente colocadas em jardineiras, seguindo a vontade do projetista e não com o objetivo de melhorar o conforto ambiental no interior das construções.

Para Iwashita e Romero (2001), a geração de energia limpa na arquitetura é consequência do máximo aproveitamento dos recursos naturais,

sejam eles a luz natural ou o vento. Essa prática em centros urbanos, como São Paulo, além de considerar e agregar fontes alternativas de energia renovável causa menos impactos ambientais e sociais, reduzindo a perda na transmissão de energia, uma vez que o centro consumidor é o próprio centro gerador, além de possibilitar a venda do excedente por meio da geração distribuída.

Dessa forma, para a implantação de um edifício, faz-se necessário para explorar da melhor forma os benefícios do calor de inverno e do ar fresco de verão, fatores que ajudarão a otimizar custos com climatização da atmosfera interior.

1.3. Objetivos

1.3.1. Geral

Investigar e simular condições para implementar o uso de vegetação em EC, visando a qualidade de vida dos usuários e a eficiência energética.

1.3.2. Específicos

- delinear meios para controle natural da temperatura e da ventilação e sua repercussão nos microclimas das construções e de seu entorno;
- sugerir situações paisagísticas capazes de compensar os inevitáveis impactos dos edifícios nas áreas urbanas, a fim de compensar os ecossistemas destruídos da paisagem natural;
- investigar formas incluir qualitativamente e quantitativamente o verde em EC nos meios urbanos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Paisagismo

Desde as suas origens, o homem está diretamente ligado à natureza, vivendo junto a ela e colhendo alimentos naturais para sua sobrevivência. Com o passar dos anos, o homem foi criando elementos que o distanciaram do ambiente natural. Esses elementos são caracterizados pelas construções e pelos muros que cada vez foram ficando mais altos. Cercado por construções, o homem começou a despertar para a importância do verde: inicialmente com o plantio de espécies vegetais para alimentação e o cultivo de plantas medicinais, mais tarde ao inserir o verde no ambiente construído, como objeto de apreciação e decoração para a constituição de jardins.

Segundo Boada (1991), a palavra persa *Pairidaeza* significa paraíso, jardim e, ainda, espaço cercado. O termo jardim originou-se do hebraico “*gan-eden*”, que significa lugar protegido, defendido - “*gan*” - onde se desfruta do prazer e encanto - “*éden*”. Os espaços naturalmente delimitados apareceram sempre aos olhos dos homens como uma “forma” no meio do informal ou caótico. Por isso, os jardins naturais e espontâneos foram lugares que adquiriram logo a dimensão do sagrado.

Boada (1991) ainda descreve que as harmonias e as proporções nascidas das modulações dos temas dinâmicos - ser humano, a natureza e o espaço -, constituem as “razões” da arte. Sua presença nos elementos

constitutivos do espaço construído, assim como no ambiente como um todo, transforma-o em algo digno de ser chamado de arte.

Gonçalves (1992) define que, como arte, o paisagismo tem como matéria-prima os sentimentos humanos e, nesse aspecto, é muito difícil o ensinamento da arte. Como técnica, o paisagismo utiliza conhecimentos cristalizados ao longo do tempo, envolvendo processos de comunicação visual e princípios estéticos. Como ciência, o paisagismo pode crescer à medida que novas pesquisas de materiais e de métodos possam acrescentar conhecimentos à arte e à tecnologia.

A intenção do projeto paisagístico é o cultivo vegetal, a sua localização correta e a associação com a arquitetura deve promover um microclima natural favorável à realização das atividades humanas. É importante considerar que o uso dos espaços externos está sujeito ao vento, ao ruído, à sombra, à umidade e à temperatura, elementos a serem considerados na qualidade ambiental.

Segundo Barbosa (1989), atingir os objetivos propostos e desejáveis num projeto de paisagismo destinado à composição em áreas sem vegetação, é necessário que o profissional detenha o indispensável conhecimento técnico que lhe permita conhecer as necessidades vitais de cada espécie quanto a fatores como:

- luminosidade natural do ambiente;
- dimensão da área de ocupação e sua relação com o porte da espécie adulta;
- profundidade de solo disponível para plantio;
- incidência de ventos;
- tipo de dependência da manutenção periódica;
- temperatura média anual;
- ciclo vital da espécie e grau de resistência ao ambiente.

Assim, torna-se possível estabelecer a seleção correta das espécies integrantes do planejamento concebido, para que, mediante o senso artístico, seja alcançado o esperado êxito paisagístico.

2.2. Área verde urbana

2.2.1. Formação do espaço urbano de Viçosa

Ribeiro Filho (1997), descreve que há fortes indícios de que a história da formação do espaço urbano de Viçosa encontra-se vinculada à descoberta, bem como à exploração do ouro e à decadência dos núcleos urbanos onde se encontravam as jazidas minerais, em Minas Gerais. Por volta de 1693, a cidade foi palco da passagem dos Bandeirantes provindos de São Paulo, em direção à região de Ouro Preto, objetivando a descoberta de reservas minerais preciosas.

Mais tarde, a economia da região estava fundamentada na agricultura, por influência da Igreja, que tinha a preocupação de manter a população fixa para facilitar seu domínio político-religioso. A presença da igreja foi importante para a formação e o desenvolvimento do povoado. As primeiras edificações foram erguidas próximas a uma capela e mais tarde foram surgindo as primeiras ruas, iniciando-se assim, o traçado urbano da cidade.

No início do século XX, constituiu-se uma ampla avenida, retilínea, que, mais tarde, foi redesenhada aos moldes dos *boulevards* franceses, com largas calçadas na parte central e nas laterais. Esta avenida recebeu o nome de Santa Rita, em homenagem à santa padroeira da cidade.

A partir da década de 70 iniciou-se a verticalização das construções na área central da cidade; lotes arborizados ou vazios passaram a dar lugar a grandes construções. Nas décadas de 80 e 90, iniciou-se a implementação de vegetação nas jardineiras dos edifícios, retomando parte da vegetação desaparecida devido às construções.

Macedo (1982), enfatiza que os anos 80 se caracterizaram por constituir parte de uma década na qual as questões do verde e da ecologia passaram a ser mais socialmente aceitas, pois existia uma preocupação geral com a conservação, a preservação e a manutenção da vegetação, tanto em nível urbano como no campo.

2.2.2. As áreas verdes e seus efeitos sobre o entorno

A propagação do som na atmosfera está relacionada com a densidade do ar. Pesquisando Cook e Van Haverbeke¹, Landsberg (1981) relata que a distância adequada entre as residências e as estradas são de 25 metros a partir do eixo da estrada. Essa distância deve ser estabelecida com proteção de vegetação e barreira sólida para atenuar os ruídos e a poluição dos veículos. Com uma distância de 20 metros entre a barreira verde e a residência obteve-se uma redução de 10 decibéis devido a absorção e dispersão causadas pela vegetação (Figura 1).

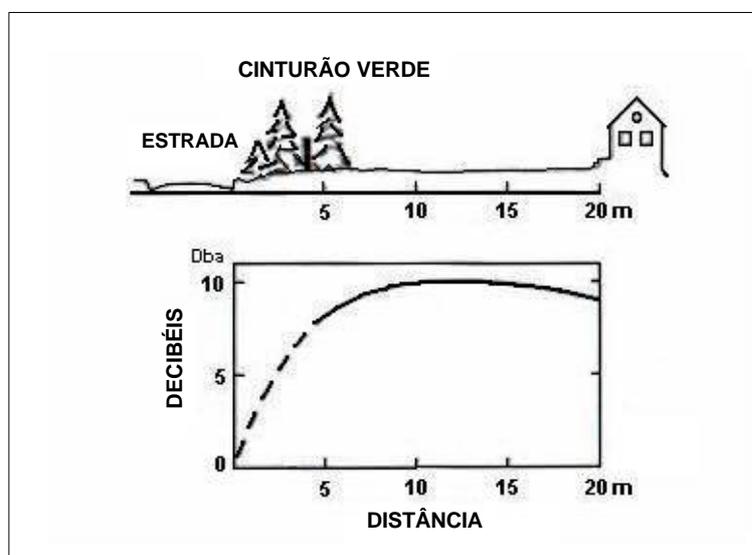


Figura 1 - Recomendação para atenuar ruídos em residências (desenho superior) e a provável redução obtida (desenho inferior).
Fonte: Landsberg (1981).

Bustos Romero (2001) relata que a absorção da energia sonora, que varia muito com a frequência do som, depende da quantidade de vapor de água não condensada no ar. Quando o ar está mais úmido e pesa mais, a velocidade de propagação é maior, havendo menor possibilidade de eco e de reverberação negativa.

Também as varandas podem diminuir o ruído que golpeia a fachada com maior ou menor eficácia. Essa qualidade depende do desempenho da superfície total da fachada e da superfície de abertura livre. No interior das

¹ COOK, D. I.; VAN HAVERBEKE, F. **Suburban noise control with plant materials and solid barriers**. University of Nebraska, Res. Bull. Lincoln, Nebraska, 1977, 74 p.

varandas, a parte de energia acústica que incide sobre o teto é refletida para fora. Caso exista nestas varandas a presença de jardineiras, esta vegetação será muito importante no controle acústico do ambiente interno e externo.

Para Hough (1995), a vegetação é uma aliada do homem. Em geral, os materiais duros e de grande massa constituem bons isolantes e maus absorventes. Um bosque, pelo contrário, é um bom absorvente, mas um mau isolante, sendo necessária uma grande massa de bosque para obter um isolamento acústico.

As folhas também podem filtrar a poeira e a contaminação do ar, mas o uso indiscriminado de algumas plantas em locais impróprios pode prejudicar seu crescimento. De acordo com Hellickson e Walker (1983), as plantas são bastante sensíveis a contaminantes como etileno, ozônio e outros óxidos que ocorrem na atmosfera. A poluição causa manchas pequenas em folhas e em casos mais severos amarelam a maior parte da planta.

Landsberg (1981) complementa que algumas plantas podem reduzir até 75% da poeira e poluição suspensas no ar.

Segundo Blossfeld², citado por Brandão e Brandão (1992), cada homem consome, pela respiração, uma média diária de cerca de 12 m³ de ar, sendo que cada árvore filtra o ar necessário a uma família de quatro pessoas.

2.3. Clima urbano

O comportamento climático de uma cidade é resultado, principalmente, do planejamento urbano que influencia o clima, os recursos naturais e os processos biológicos. A importância de se controlar os efeitos climáticos (radiação, ventos, umidade, precipitação) e as variáveis relativas ao território deveriam estar diretamente ligada à melhoria da qualidade ambiental.

Além desses fatores, a otimização do ambiente interno é um dos objetivos importantes para alcançar o conforto na arquitetura. Sua realização depende do conhecimento do clima e de seus efeitos sobre os elementos construídos. O ato de construir um novo edifício modifica o clima exterior e

² BLOSSFELD, H. **Os paisagistas e a botânica**. São Paulo, 1971, 10 p. (apostila)

essa interação significa que o projetista vem a ser o responsável não somente pelas condições internas, mas também pelo entorno climático externo.

Para Bustos Romero (2001), os elementos ambientais maiores são aqueles que conformam o clima de um lugar, especialmente os elementos térmicos e os do ar. Todos influem nos espaços externos através da radiação solar, da temperatura do ar, do movimento do ar e da umidade relativa. Já os elementos ambientais menores são aqueles que geralmente se constituem como resposta à ação dos elementos térmicos e do ar: a absorção, a reflexão, a evaporação e a condensação.

Segundo Oke (1978), a atmosfera que surge pela influência urbana está entre a camada limite urbana e a camada da área rural, caracterizada pela pluma urbana. A camada de cobertura é aquela criada em consequência do deslocamento do ar através de uma superfície rugosa e rígida e da elevação convectiva das bolhas de ar; sendo a camada mais próxima à superfície urbana, recebendo toda a sua influência térmica. Já a pluma urbana seria a prolongação da camada limite urbana a sotavento da cidade sobre a área rural (Figura 2).

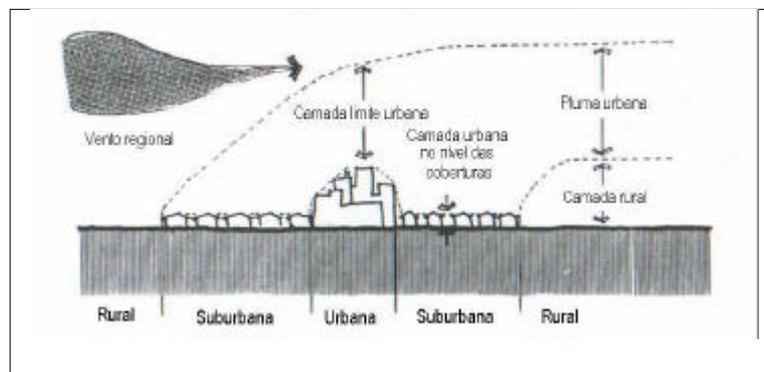


Figura 2 - Atmosfera sob influência urbana.
Fonte: Bustos Romero (2001).

Os principais aspectos do clima urbano, a partir da síntese feita por Landsberg (1981) são:

- clima urbano é a modificação substancial de um clima local;
- o desenvolvimento urbano é propenso a aumentar ou até mesmo a eliminar as diferenças produzidas pela localização do sítio;
- da comparação entre cidade e campo surgiram os seguintes dados fundamentais:

- a cidade modifica o clima por meio de alterações na superfície. Os materiais urbanos possuem uma capacidade térmica mais elevada e são melhores condutores comparados aos materiais das áreas naturais;
- a cidade produz aumento de calor, modificações nos ventos, na umidade e até nas precipitações, que na maioria das vezes aumentam;
- a infra-estrutura de drenagem nas cidades elimina rapidamente a água da chuva, impedindo o aumento da umidade;
- o aumento da contaminação do ar nas cidades é devido às atividades urbanas que geram fumaças, gases e poeira. As substâncias em suspensão no ar reduzem a insolação e prejudicam a re-irradiação para o espaço.
- a maior influência aparece por meio da alteração na própria composição da atmosfera, chegando a condições adversas na maioria dos casos.

No sistema urbano, para Bustos Romero (2001), é importante destacar primeiro, a energia que penetra dirigida diretamente à atmosfera envolvente da cidade e, segundo, os efeitos que a própria atmosfera produz entre o sol e a superfície terrestre. Esse sistema, por meio das diferentes formas do uso do solo e da estrutura urbana, passa a exercer efeitos decisivos de reflexão, de absorção e de armazenamento térmico como o efeito do atrito na ventilação (Figura 3).

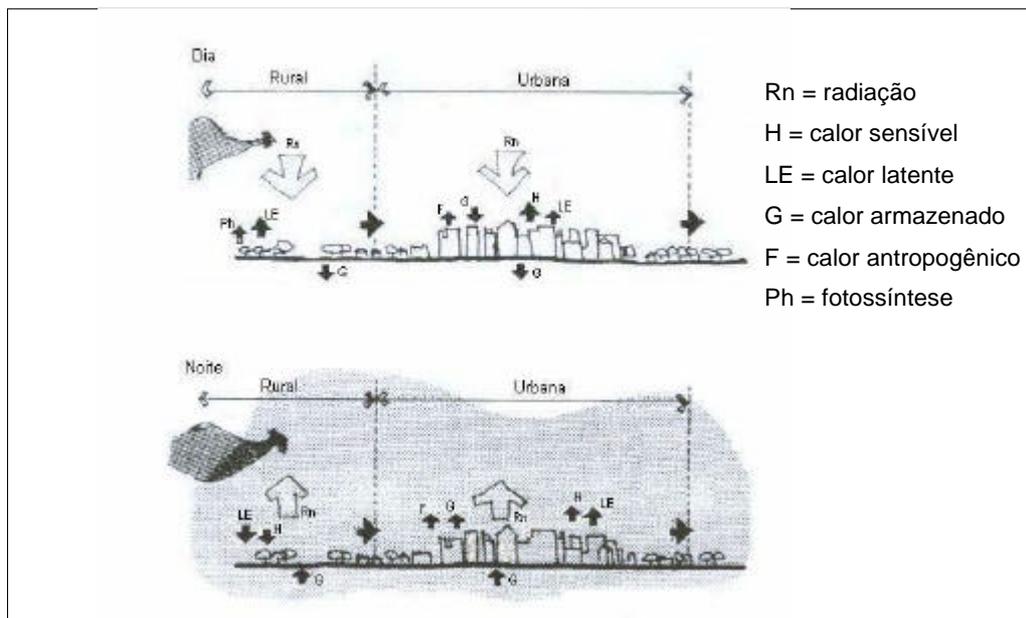


Figura 3 - Trocas de calor nas áreas urbana e rural.
Fonte: Bustos Romero (2001).

Com relação ao calor sensível durante a noite, nas áreas rurais, os fluxos de calor vão quase sempre da atmosfera para a superfície; na cidade, não é raro observar o contrário, pois a superfície permanece mais quente do que o ar. Quanto ao calor latente, é constatado nas áreas urbanas durante a noite uma maior evapotranspiração e um menor orvalho, o que determina um fluxo até a atmosfera.

Bustos Romero (2001) também destaca que Oke (1988) compara o clima das cidades temperadas, em condições de nevada, com o clima das cidades tropicais, é possível generalizar que as variações são maiores nas proximidades das cidades tropicais porque a maioria das cidades temperadas está rodeada por terras de cultivo e também por vazios, gramados, campos, árvores, edifícios dispersos e também bosques que amenizam o clima das cidades (Quadro 1).

Quadro 1: Relação de algumas diferenças entre o urbano e o rural.

Zona Climática	Ganho Térmico	Albedo	Capacidade de emissão	Quantidade de umidade	Grau de rugosidade
Temperada s/ neve	>	<	<	<	>
Temperada c/ neve	>	<	<	#	>
Tropical seco	>	<	<	+	>
Tropical úmido	<	>	<	<	>

Fonte: Oke (1988).

Legenda: > o valor urbano é maior do que o rural
 < o valor urbano é menor do que o rural
 # desconhecida, mas provavelmente pequena
 + depende do abastecimento de água e da irrigação

Mascaró (1996) relata outro fator que atua sobre os elementos climáticos em microclima urbano: a vegetação, a qual contribui para o controle da radiação solar, temperatura e umidade do ar, ação dos ventos e da chuva, e também para amenizar a poluição do ar. As formas de controle variam com o tipo de vegetação, o porte, a idade, o período do ano, as formas de associação dos vegetais e também, com relação às edificações e seus recintos urbanos.

2.4. A influência da vegetação nos ambientes dos edifícios, com a interferência dos elementos climáticos

2.4.1. Radiação solar

Para iniciar o estudo a respeito de radiação solar, é importante compreender a composição espectral desta radiação, a qual inclui a luz natural que atinge a superfície terrestre.

De acordo com Vianna e Gonçalves (2001), existem alguns tipos distintos de luz:

- luz direta do sol;
- luz difusa do céu (abóbada celeste);
- luz refletida, proveniente dos materiais e moléculas que refletem a luz incidente.
- luz proveniente de fontes artificiais;

A fonte primária de iluminação recebida na terra é o sol (luz do sol). A abóbada celeste, em razão dos fenômenos de difusão atmosférica da luz solar, tem sua própria luminância, atuando como uma fonte secundária (luz do céu ou luz do dia).

Mascaró (1983b) descreve que a luz natural para qualquer região é determinada pela quantidade de radiação solar incidente nas diferentes estações do ano. A relação termo-luminosa do Equador não é uniforme, pois à medida que se afasta do Equador, decresce o ângulo médio de inclinação do sol com a superfície da terra; em compensação aumenta a duração do dia.

2.4.2. Efeitos térmicos da radiação solar

Bustos Romero (2000) cita que à medida que a radiação penetra na atmosfera terrestre, sua intensidade é reduzida e sua distribuição espectral é alterada em função da absorção, reflexão e difusão dos raios solares pelos diversos componentes do ar. O ozônio absorve a maior parte dos raios ultravioleta e aqueles de menor comprimento de onda, fazendo com que uma pequena parcela chegue à superfície da terra. Os vapores d'água e o dióxido de carbono absorvem grande parte dos raios infravermelhos, reduzindo sua

carga térmica. Parte da radiação que chega à atmosfera é refletida pelas nuvens e pelas moléculas em suspensão no ar.

Segundo Rivero (1986), as forças térmicas que atuam no exterior de uma construção resultam da combinação dos impactos da convecção e radiação. O impacto do calor por convecção depende da temperatura do ar que rodeia a superfície e pode aumentar ou diminuir por causa do movimento do ar. Já a radiação depende:

- da radiação solar incidente;
- do intercâmbio de energia radiante entre as superfícies;
- dos arredores da construção e da abóbada celeste.

Para buscar algumas explicações sobre o efeito do clima no interior das construções, Olgyay (1992) realizou alguns estudos no hemisfério norte a respeito da relação da temperatura do ambiente construído com a radiação solar, e destacou:

- a) a forma quadrada não é ideal em nenhum dos lugares estudados;
- b) nas latitudes baixas no hemisfério norte, durante o verão, o lado norte recebe quase duas vezes mais o impacto da radiação do que o lado sul;
- c) o impacto máximo anual da radiação sobre uma superfície horizontal realiza-se a 0° de latitude, a partir da qual diminui até na latitude 90° ;
- d) a radiação recebida na empena norte é igual a da empena sul, somente na linha do equador e no pólo, e chega a um mínimo na latitude de 40° .

2.4.3. Penetração de calor

Rivero (1986), relata que quando a energia solar tem impacto nos edifícios, ela já se encontra reduzida graças à atmosfera, chegando sob várias formas: radiação visível - comprimento de onda 0,3 a 0,7 micra e radiação infravermelha - onda curta 1,7 a 2,5 micra (Figura 4). Por outro lado, o intercâmbio térmico com os arredores é realizado por meio de ondas infravermelhas - onda longa (5 a 20 micra), que é refletida independentemente da cor, mas depende da densidade da superfície e de sua composição molecular.

Vianna e Gonçalves (2001) levantam que, para controlar a penetração do calor a partir da superfície exterior dos materiais de um edifício, em primeira instância deve ser considerado o impacto calorífico. A temperatura da superfície exposta ao sol é maior que a do ar e, o estímulo às correntes de ar ao longo da superfície insoladas para reduzir o impacto calorífico externo.

Bustos Romero (2001) descreve que a radiação que incide nas fachadas é parcialmente refletida para as outras paredes dos edifícios vizinhos. A percentagem de radiação solar emanada das paredes pode ser grande - de 20% a 80%, variando com a cor. Ao final desse processo, numa densa área urbana, somente uma pequena parte da radiação solar incidente nas paredes é refletida para o céu, sendo que a radiação de onda longa que sai das paredes verticais é apenas a metade da que é emitida pelas coberturas numa área similar.

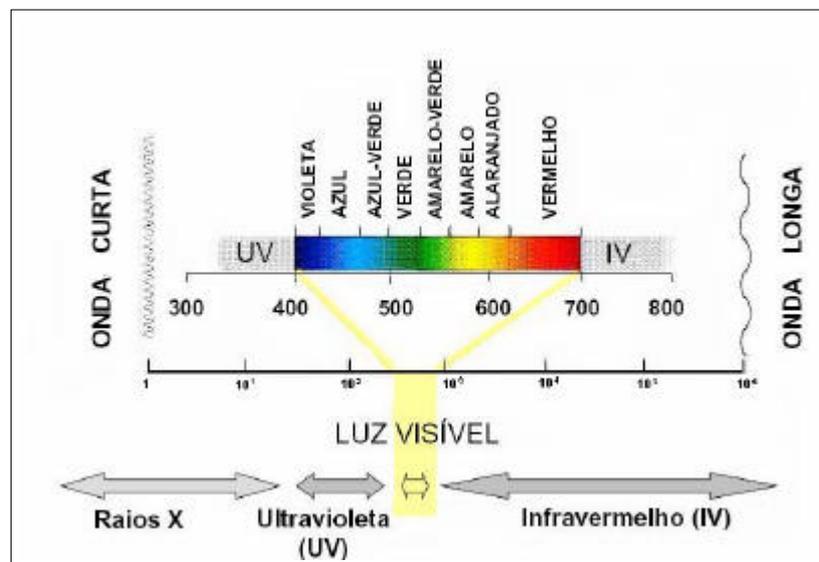


Figura 4 - Características das regiões de comprimentos de onda da luz.

Fonte: Loureiro e Martinez (2002).

Contudo, os materiais construtivos não são, em alguns casos, favoráveis para o clima do espaço público, uma vez que, além do calor solar incidente direto, o espaço também recebe calor pela soma das emissões. Esse é um dos fatores importantes que contribuem para a colocação de vegetação nas fachadas dos edifícios, pois, além de absorver o calor incidente, algumas plantas refletem pequena parte da radiação.

Olgay (1992) recomenda que todos os cômodos de um edifício deveriam receber no mínimo duas horas de insolação em 250 dias do ano.

2.4.4. Vegetação e radiação solar

A vegetação se caracteriza como importante elemento na transformação da radiação solar. De tal forma, que a radiação de onda curta que incide nas folhas será transmitida como radiação difusa.

A reflexão da radiação solar depende da morfologia e das características físicas das plantas, mais especificamente do albedo, ou seja, depende do fator de reflexão da superfície foliar.

Taiz e Zeizer (2003), pesquisando a radiação solar que chega até as plantas, concluíram que:

- 40% da radiação solar é refletida e transmitida;
- 32% da radiação solar é dissipada em calor;
- 28% da radiação solar é utilizado no metabolismo das plantas.

A radiação solar transmitida depende da transparência, da cor, da espessura das folhas, da distribuição e do adensamento dos troncos, dos ramos e do ângulo de incidência dos raios solares. Para Mascaró (1996), apenas 20% do fluxo incidente sobre a cobertura vegetal atinge o solo. Cerca de 46% da radiação solar transmitida sob a vegetação é difusa.

Mascaró (1996) também declara que a radiação solar depende, principalmente, da pigmentação das folhas que absorvem, em média, 50% da radiação de onda curta e 95% da radiação de onda longa. Neste último tipo de radiação, a emissividade das folhas é elevada (entre 0,94 e 0,99), devido à pequena capacidade da folha de armazenar calor.

Givoni (1989) descreve em seu livro que a radiação solar incidente na vegetação é, em sua maioria, absorvida pelas folhas, que tem alto coeficiente de absorção solar (cerca de 0,8). Relata ainda, que os albedos dos materiais típicos das construções urbanas costumam ser menores ou bastante menores do que os das superfícies rurais (Quadro 5 – Anexo A). A combinação do albedo das superfícies e da disposição geométrica destes traz como consequência que os albedos urbanos médios sejam 0,15 mais baixos que os da maioria das paisagens rurais, excetuando-se os bosques e as áreas com solos escuros.

Vianna e Gonçalves (2001) acrescentam que as árvores caducifólias

são as mais propícias para as regiões temperadas (com períodos frios e quentes), pois mesmo perdendo as folhas, as árvores caducifólias diminuem a quantidade de luz incidente em uma fachada, em média 40% a 50%, comparado a uma fachada desobstruída.

Por outro lado, não se pode esquecer a presença de uma demanda de vegetação sobre os solos rurais, que reduz consideravelmente o armazenamento calorífico, nem o importante papel desempenhado pela geometria no caso das cidades, onde o armazenamento aumenta por causa da maior superfície disponível.

Garcia³, citado por Bustos Romero (2001), descreve que a variação do calor acumulado está entre 15% a 30% da radiação líquida para áreas cultivadas, bosques e pradarias e entre 25% a 30% de radiação líquida para os solos pobres, porque a capacidade calorífica, a condutibilidade e a difusão térmica dos solos (sobretudo úmidos) não são muito diferentes dos materiais de construção urbanos.

A associação desses elementos delimita o controle da radiação solar pela vegetação. A interação dos efeitos relacionados às características de cada espécie determina a influência da vegetação nas características climáticas do ambiente construído.

2.4.5. Fotossíntese

A fotossíntese pode ser definida como sendo o processo pelo qual os vegetais são capazes de transformar energia luminosa em energia química latente, em forma de compostos de gás carbônico e nitrogênio.

Loureiro e Martinez (2002) relatam que, ao utilizar água e luz, as plantas são capazes de gerar energia suficiente para fixar o CO₂ (dióxido de carbono) do ar na forma de glicose. Durante o processo de fixação de CO₂, os vegetais liberam oxigênio que é utilizado por todos os seres vivos.

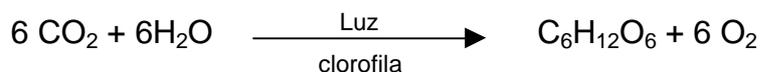
Para realizar a fotossíntese, a planta necessita de água e CO₂. A água disponível no solo entra pelas raízes e chega às folhas através do xilema. O

³ GARCIA, Maria C.M. **Estudio del clima urbano de Barcelona: la “isla de calor”**. Barcelona: Solgraf, 1993.

CO₂ é proveniente do ar atmosférico e penetra nas folhas principalmente através dos estômatos.

Correa e Paiva (1997) acrescentam que quanto maior a absorção de uma determinada radiação maior é a taxa de fotossíntese, porém, isso depende da qualidade da radiação absorvida.

Assim, a fotossíntese se refere ao processo pelo qual, utilizando-se de energia luminosa, os vegetais são capazes de sintetizar glicose (C₆H₁₂O₆) e liberar oxigênio. A equação que expressa esse fenômeno é:



2.4.6. Vegetação e temperatura do ar

A influência da vegetação na temperatura do ar está relacionada ao controle da radiação solar, do vento e da umidade do ar.

Mascaró (1996) descreve que, sob grupamento arbóreo, a temperatura do ar é de 3°C a 4°C menor que nas áreas expostas à radiação solar. A diferença se acentua com a redução do deslocamento do ar entre as áreas ensolaradas e sombreadas e com o aumento do porte da vegetação. As várias camadas da copa ampliam a absorção da radiação solar e a estratificação da temperatura do ar sob a vegetação (Figura 5).

O controle da radiação solar, associado ao aumento da umidade do ar, faz com que a variação da temperatura do ar seja menor, reduzindo a amplitude térmica sob a vegetação, sendo maior durante o verão, pois, a densidade foliar e a evapotranspiração das plantas são mais intensas. A amplitude térmica sob grupamentos é sempre menor que sob as árvores isoladas.

Mascaró (1996) acrescenta que, como resultado das temperaturas mais baixas, a radiação de onda longa das folhas é mais lenta que a das superfícies dos arredores, e, por esse motivo, as pessoas nas áreas verdes estão mais sujeitas a menor carga de calor radiante. Como resultado de uma menor condutibilidade térmica e devido a evapotranspiração, o ar próximo do solo nas áreas verdes é mais frio do que o das áreas construídas.

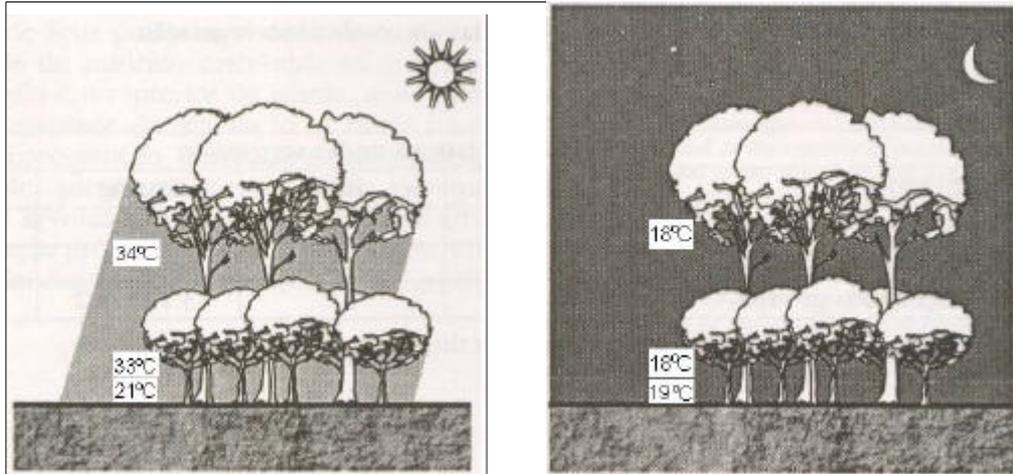


Figura 5 - Variação diária da temperatura o ar, sob grupamento composto por espécies vegetais.
Fonte: Mascaró (1996).

Pesquisas realizadas nos Estados Unidos por Rivero (1986) registraram as seguintes temperaturas ao longo de um dia de verão (Figura 6):

- no pavimento da rua: 50°C;
- na calçada, sob sombra: 38°C;
- no solo gramado, sob sombra: 32°C;
- no solo gramado: 35°C.

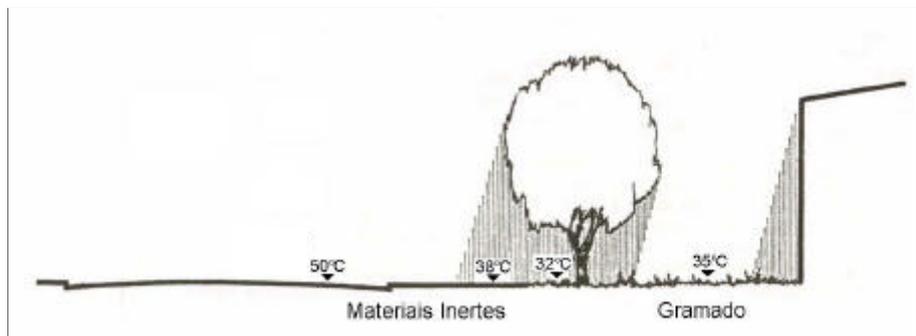


Figura 6 - Os vegetais têm, no verão, um comportamento térmico superior aos materiais inertes.
Fonte: Rivero (1986).

Os resultados dessas pesquisas reforçam a necessidade de se colocar vegetação próximo às construções, pois menos energia radiante será refletida às paredes próximas.

Alguns trabalhos realizados na Europa e Ásia utilizando paisagismo nos telhados, mais conhecidos como telhados verdes, vêm comprovando a redução da carga térmica dentro das construções. Wong *et al.* (2003)

realizaram um experimento na cidade de Cingapura, instalando jardins na cobertura de um edifício comercial de cinco andares, resultando em uma economia de 1–15% no consumo anual de energia, 17–79% no resfriamento da carga espacial do ambiente interno e 17–79% nas trocas térmicas com a abóbada celeste. A pesquisa foi realizada com gramíneas, arbustos e árvores, sendo que os melhores resultados foram com a utilização de arbustos.

Takakura, Kitade e Goto (2001) investigaram o efeito refrescante de telhados verdes e concluiu que a diferença de temperatura embaixo de telhados verdes era 15 °C menor, comparado a um telhado de concreto exposto à radiação solar.

Meier (1991), colocando plantas em superfícies já construídas, observou uma redução de temperatura de 20 °C na superfície e uma redução do consumo de ar condicionado de até 80%, sendo 25 a 50% mais comuns.

Onmura, Matsumoto e Hokoi (2001) pesquisaram no Japão a utilização de telhados verdes e, de acordo com as experiências no túnel de vento, posteriormente comprovadas em campo, a temperatura da laje de uma casa reduziu de 60°C para 30°C. Dessa forma, o ambiente interno no cômodo analisado ficou mais confortável.

Hough (1995) cita o exemplo da cidade de Jakarta, na Indonésia, onde a implantação de estruturas metálicas para a vegetação na fachada de um edifício, ao nível da garagem, conseguiu reduzir em 5°C a temperatura interna do ambiente.

Barbara e Boyles (2001) acrescentam que o custo inicial para implantação de telhados verdes é mais alto a curto prazo, mas se torna mais vantajoso a longo prazo devido à redução do consumo de energia e pelos benefícios para o meio ambiente. Assim, o custo em criar telhados verdes deve ser favorecido por causa dos benefícios gerados.

Patterson (1998) mencionou que embora os primeiros custos de telhado verde alcancem de três a seis vezes mais o custo de um sistema de cobertura convencional, a longo prazo, telhados verdes poderiam ser menos caros e a cobertura convencional não seria tão vantajosa.

Hough (1995) anuncia que existem limitações para a implantação de jardins em telhados e fachadas, pois os problemas estão relacionados com a estrutura para sustentar o solo e a planta. Ocorrem também dificuldades para o

escoamento, irrigação, aplicação de nutrientes e em climas mais frios pode ocorrer o congelamento das plantas. Por outro lado, exemplos na Europa revelam que algumas plantas conseguem sobreviver em ambientes pouco propícios, com o mínimo de solo e nutrientes, além de exigir pouca manutenção e não aumentar tanto o peso das estruturas onde são colocadas.

O sombreamento pela vegetação desempenha um papel importante na caracterização de microclimas urbanos, melhorando as condições ambientais adversas e o conforto humano. Nesse sentido, a vegetação ajuda a atenuar condições extremas de frio ou calor intenso nos espaços urbanos e nas edificações adjacentes, reduzindo os extremos ambientais.

Ao se estudar as características do clima que deverão ser controlados com a implantação da vegetação, é importante ter em vista a climatização de edifícios, para que o equilíbrio térmico entre o homem e o ambiente seja alcançado.

Além de a vegetação auxiliar na diminuição da temperatura do ar absorvendo energia, ela também favorece a manutenção do ciclo oxigênio-gás carbônico essencial à renovação do ar – “seqüestro de carbono”.

2.4.7. Vegetação e ilha de calor

Segundo Mascaró (1996), na determinação da dimensão e da configuração da ilha de calor (Figura 7), a forma e a posição de uma edificação são mais importantes que a distância percorrida pelo vento sobre a cidade ou a população que a ocupa.

Segundo Lombardo (1985), a ilha de calor corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação de vento local. O efeito da ilha de calor sobre as cidades ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados. Além disso, a poluição gerada no meio urbano modifica as condições do ar quanto a sua composição química e odores.

Bustos Romero (2001) diz que a máxima altura da ilha de calor está compreendida entre três a cinco vezes a média da altura dos edifícios e coincide, aproximadamente, com o domo do ar urbano.

Givoni (1989) destaca que, durante o dia, a diferença de temperatura entre o centro da cidade e os arredores é geralmente cerca de 1°C a 2°C, e ainda cita alguns fatores que contribuem para o desenvolvimento da ilha de calor:

- diferença na média da radiação entre a área urbana e as imediações, em particular a baixa taxa de esfriamento radiante durante a noite;
- estocagem de energia solar na massa dos edifícios da cidade durante o dia, cedida à atmosfera durante a noite;
- concentração de geração de calor pelas atividades que têm lugar na área urbana;
- baixa evaporação do solo e da vegetação na área urbana construída, quando comparada com a área rural aberta;
- fontes de calor estacionais, como calefação no inverno e ar-condicionado no verão; cujas cargas térmicas são cedidas ao ar urbano.

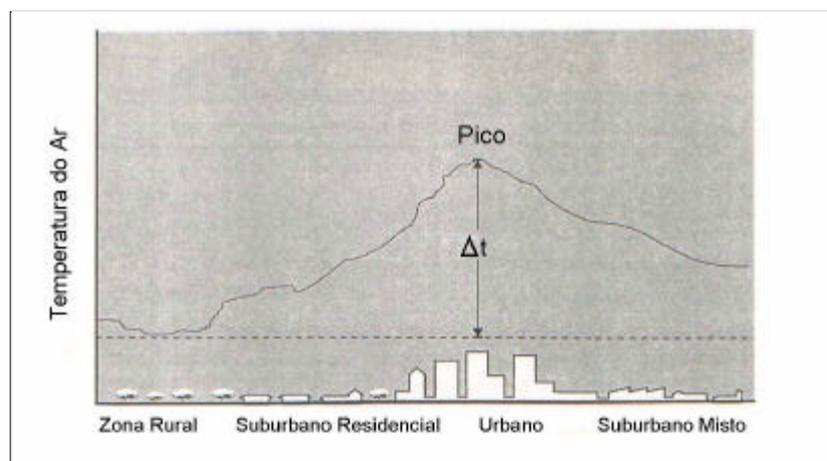


Figura 7 - Corte de uma típica ilha de calor urbana.
Fonte: Mascaró (1996).

2.5. Umidade relativa

Segundo Pereira, Nova e Sedyama (1997), a capacidade da atmosfera em reter umidade diminui exponencialmente com o aumento da temperatura. Quando o ar contendo uma certa quantidade de água é resfriado, sua capacidade de reter água é elevada, aumentando a umidade relativa até o ar se tornar saturado (UR=100%).

Mascaró (1996) relata as umidades relativas são mais baixas nas cidades, em virtude da existência da ilha de calor e da relação entre o vapor de saturação e a temperatura do ar.

2.6. Precipitação

Frota e Schiffer (1995) relatam que as condições para que ocorra precipitação em forma de chuva são favorecidas no núcleo urbano devido às partículas sólidas em suspensão no ar, que contribuem para a aglutinação das partículas de água que formarão a gota de chuva.

Quando possível, a vegetação deve substituir a colocação de materiais impermeáveis, para favorecer a retenção de umidade e drenar e acelerar o escoamento das águas pluviais. Isto faz com que se tenha mais umidade na atmosfera e o ambiente apresente um menor índice de absorção da radiação solar.

2.7. A importância da evapotranspiração

2.7.1. Evaporação

De acordo com Pereira, Nova e Sedyama (1997), evaporação é o fenômeno pelo qual uma substância passa da fase líquida para a fase gasosa (vapor). É um fenômeno que exige o suprimento de energia externa a um sistema e a sua transformação em calor latente.

A atmosfera está em contínuo movimento, mistura e renova o ar que envolve uma superfície coberta de água ou vegetação. Assim, a movimentação atmosférica mantém um poder evaporante do ar, isto é, uma capacidade de secamento da superfície.

2.7.2. Transpiração

Pereira, Nova e Sedyama (1997) descrevem que a transpiração é a evaporação da água que foi utilizada nos diversos processos metabólicos necessários ao crescimento e desenvolvimento das plantas. Essa evaporação

se dá através dos estômatos, estruturas de dimensões microscópicas ($< 50\mu\text{m}$) que ocorrem nas folhas (de 5 a 200 estômatos/ mm^2), os quais permitem a comunicação entre a parte interna da planta e a atmosfera. Através dos estômatos fluem gás carbônico, oxigênio e vapor d'água: na maioria das plantas, nas condições de acentuado estresse hídrico, permanecem abertos durante o dia e fechados durante a noite.

A transpiração evita que as folhas sofram superaquecimento pela incidência direta da radiação solar, pois parte da energia absorvida é utilizada na evaporação. No caso de deficiência hídrica, essa energia não é dissipada, havendo aumento da temperatura da folha; daí, a necessidade da planta controlar a perda de água fechando os estômatos para evitar secamento e morte da folha.

De acordo com Hough (1995), em um dia de verão, 4.000 m^2 de grama pode perder 10,8 litros de água através da transpiração e evaporação. Uma única árvore de grande porte pode transpirar 450 litros de água em um dia, o que equivale a 963 kW de energia da evaporação, devolvidos sem vantagens para a atmosfera, aquecendo as superfícies e elevando a temperatura do ar.

Para Pinheiro (1998), aproximadamente 60% das águas das chuvas são devolvidas à atmosfera pela transpiração das plantas, enquanto a outra parte é devolvida através da evaporação. Por isto, as áreas verdes são um verdadeiro regulador da quantidade de água, protegendo o local de enchentes e de sua escassez.

2.7.3. Evapotranspiração

Jensen *et al.* (1990) relatam que a evapotranspiração é um processo combinado no qual a água é transferida da superfície terrestre para a atmosfera, envolvendo a evaporação da água líquida, através da superfície do solo e da água interceptada pelas plantas, ocorrendo ainda a transpiração das plantas.

A altitude também afeta diretamente a temperatura do solo e do ar, e a pressão atmosférica, fatores que influenciam a evapotranspiração. Para um local, a disponibilidade de radiação é controlada pelo poder refletor da superfície, expresso pelo coeficiente de reflexão (albedo). Uma vegetação mais

escura, como floresta, reflete menos radiação solar que uma cultura ou um gramado.

2.8. Movimentos do ar

Os movimentos do ar acontecem devido à presença de ventos. No Brasil, os ventos alíseos são os mais importantes e têm sua origem nas regiões subtropicais de alta pressão, nos dois hemisférios, entre 30° e 35° de latitude, dirigindo-se para SO no hemisfério norte e NO no hemisfério sul, formando o cinto de calmarias equatoriais de baixa pressão ao longo do Equador.

Hough (1995) apresenta que de todos os elementos climáticos, as condições do vento são as mais modificadas pela urbanização. Por sua vez, o vento urbano é também o elemento climático que mais pode ser controlado e modificado pelo desenho urbano.

Bustos Romero (2001) destaca que os edifícios constituem as principais superfícies de rugosidade da cidade. Eles são corpos rígidos e não estão casualmente distribuídos no espaço, e sim organizados em blocos, com ruas formando corredores entre os quais o vento flutua(Figura 8).

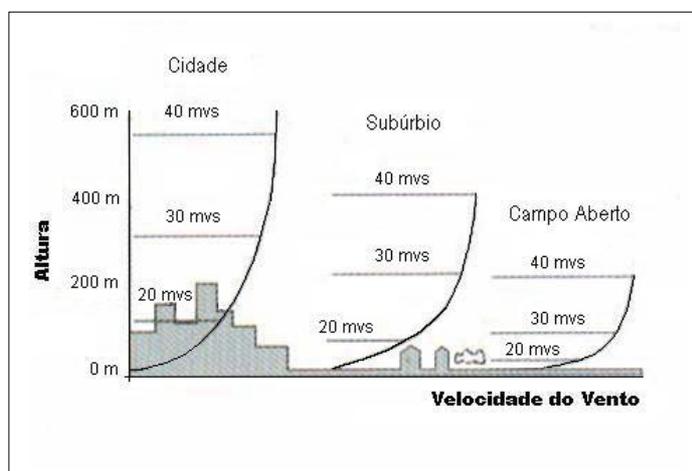


Figura 8 - Variação da velocidade do vento e altura.
Fonte: Richards (2001).

Também na área rural, o vento encontra elementos de rugosidade, especialmente os arbóreos. Mas as árvores não são rígidas e cedem passagem ao vento. Conseqüentemente, em campo aberto a resistência

encontrada pelo vento próximo do nível do solo é suave e causa menos turbulência que numa área densamente construída.

Isymov e Davenport (1978), citados por Givoni (1989), descrevem várias mudanças no comportamento do vento ao nível do pedestre provocada pelos edifícios, tais como:

- aceleração do vento nas proximidades das esquinas;
- inversão do fluxo na frente dos edifícios;
- turbulência do fluxo de ar a sotavento e suas laterais, nos edifícios altos;
- aceleração do fluxo através das áreas estreitas, tais como passagens, túneis, espaços entre pilotis;
- condução e convecção do fluxo de ar nos espaços entre os edifícios.

Hough (1995) comenta também que o movimento do ar no meio urbano está em relação direta com as massas edificadas, a forma destas, suas dimensões e sua justaposição. O movimento do ar numa escala microclimática afeta especificamente os pedestres e as edificações (aumentando as perdas de calor por convecção ou transportando calor e poeira).

Os estudos das concepções arquitetônicas e o traçado das ruas que canalizam os ventos são necessários para a ventilação do lugar. Esses estudos também contribuem para a origem de espaços adequados às atividades do homem, do ponto de vista de sua adequação térmica e salubridade ambiental.

2.8.1. O vento e o edifício

Para Mascaró (1988), o edifício, como volume, gera fluxos de ar ao redor de si. O vento pode ser tratado como um fluxo laminar de ar que, ao chocar-se com um corpo sólido, tende a manter uma trajetória reta depois de ter sido desviado; por conseguinte, percorrerá certa rota e voltará ao solo para ocupar todos os espaços disponíveis. Por isso, é comum existir uma massa de ar recirculando a sotavento do edifício, por se tratar de região sob baixa pressão. Essa massa de ar forma um redemoinho que é denominado sombra de vento ou zona de sucção. Esses redemoinhos formam-se quando o fluxo laminar se separa da superfície dos corpos sólidos. A barlavento, os

redemoinhos têm pressão elevada, ao passo que a sotavento a pressão é reduzida.

Segundo Mascaró (1988) e Bustos Romero (2000), existem alguns efeitos aerodinâmicos do vento sobre as massas construídas que podem ser atenuados com a colocação de barreiras de vegetação, sendo mais comuns os efeitos pilotis, esquina, Venturi, barreira e canalização.

a) Efeito pilotis

Fenômeno de corrente de ar sob o imóvel. A entrada se faz em forma difusa, mas a saída é como jato.

Os edifícios com pilotis são aconselháveis para áreas densamente construídas, mas ao mesmo tempo, ocorre a formação de jatos de ventos próximos aos pilotis que podem ser atenuados com a presença de vegetação (maior porosidade na fachada do edifício). A implantação dos edifícios deve ter uma orientação paralela ao vento dominante (Figuras 9).

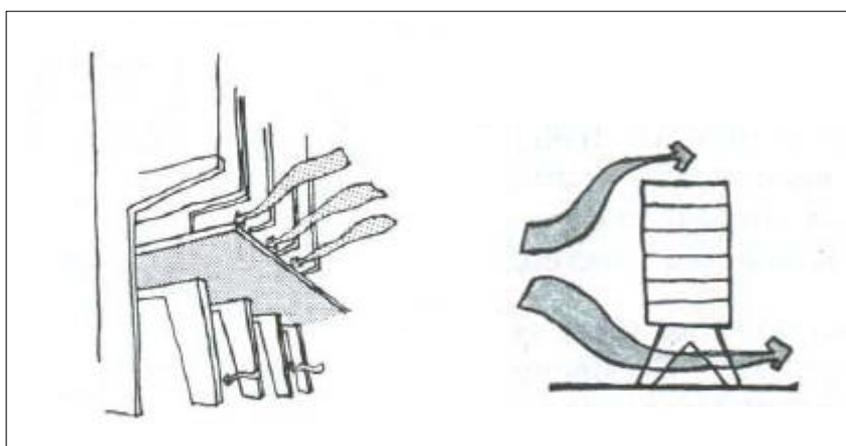


Figura 9 - Efeito pilotis.
Fonte: Bustos Romero (2000).

b) Efeito esquina

Fenômeno de correntes de ar nos ângulos das construções.

Nas áreas densamente construídas deve ser evitado o efeito esquina, pois causa desconforto aos pedestres e moradores. Devem ser colocados elementos porosos. Adensar com vegetação ou construções baixas próximo às esquinas (Figura 10).

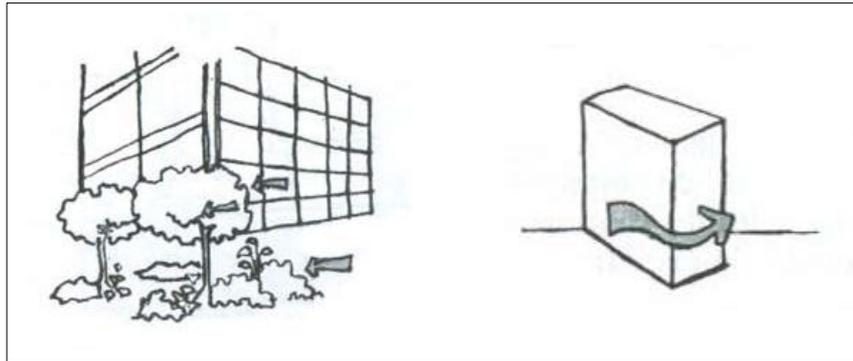


Figura 10 - Efeito esquina.
 Fonte: Bustos Romero (2000).

c) Efeito Venturi

Fenômeno de correntes de ar formando um coletor dos fluxos criados pelas construções projetadas num ângulo aberto ao vento, similar a um funil.

A zona crítica situa-se no estrangulamento, que pode ser prejudicial tanto para os pedestres quanto para os moradores dos edifícios. Edificações com cantos arredondados aumentam o efeito, que pode ser diminuído adensando vegetação no entorno imediato ou ao longo do edifício, aumentando a rugosidade. O espaçamento entre as construções deve ser maior que a altura média do edifício (Figura 11).

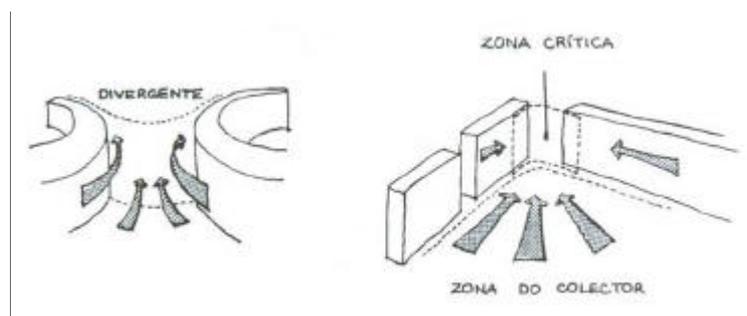


Figura 11 - Efeito Venturi.
 Fonte: Bustos Romero (2000).

d) Efeito barreira

Fenômeno de correntes de ar com desvio em espiral.

A proteção dos ventos geralmente se realiza com a existência de barreiras, seja de edifícios, seja de árvores (Figura 12).

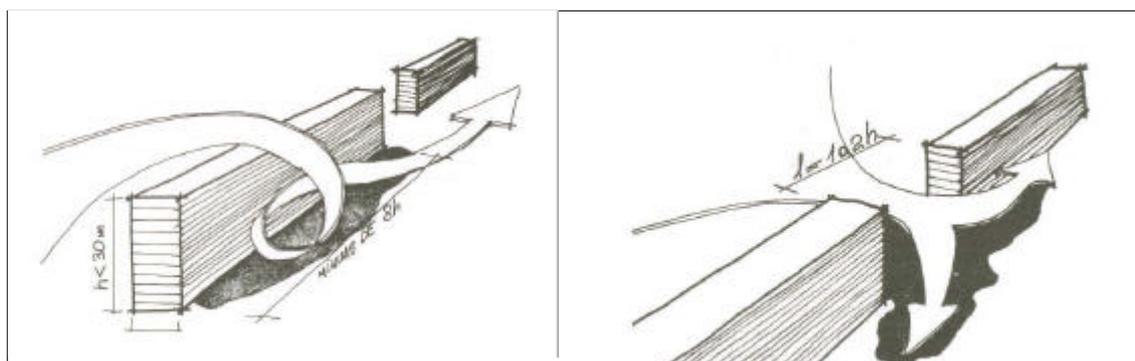


Figura 12 - Efeito barreira.
Fonte: Mascaró (1988).

e) Efeito canalização

Fenômeno de correntes de ar que fluem por um canal a céu aberto formado pelas construções.

Em uma rua, o canal se forma quando os espaços construídos apresentam paredes pouco porosas e um espaçamento (entre as fachadas principais dos edifícios) igual ou inferior ao espaçamento das construções. Com uma porosidade das paredes superior a 5% o canal não mais se constitui. A porosidade pode ser aumentada com a introdução de vegetação nas fachadas dos edifícios (Figura 13).

Mascaró (1988) relata que é importante a orientação do edifício em função dos ventos dominantes favoráveis e, sempre que possível, nas latitudes maiores, fazê-lo favoravelmente em relação à carga térmica recebida no período quente.

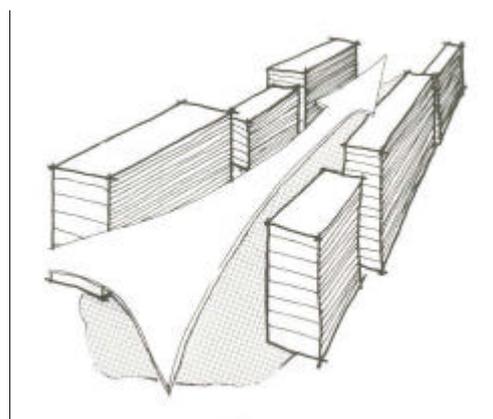


Figura 13 - Efeito de canalização.
Fonte: Mascaró (1988).

2.8.2. O vento e a vegetação

A vegetação deve proporcionar sombra quando necessária mas sem interferir a ponto de prejudicar a movimentação do ar e as brisas. A vegetação deve ser utilizada para controlar os ventos indesejáveis; para tanto, a

construção de uma barreira vegetal é recomendável. As barreiras podem aumentar ou diminuir o vento nas zonas situadas próximas ao solo; por esse motivo, a escolha de espécies apropriadas para constituir a barreira é fundamental.

Baêta e Souza (1997) acrescentam que as barreiras muito compactas causam muitos problemas de turbulências próximo ao solo e algumas pesquisas informam que a barreira não deve apresentar falhas ou “buracos”, pois podem canalizar ventos indesejáveis. Na maioria dos casos, a porosidade ideal está na faixa de 50%, de forma a produzir uma redução também de 50% na velocidade do vento.

Segundo Izard e Guyot (1980), uma fileira de árvores localizada na direção dos ventos dominantes apresenta uma massa de folhagem rarefeita nas primeiras árvores a barlavento. Apresenta também uma diferença de crescimento em altura devido à pressão exercida pelo vento (Figura 14).

Dessa forma, deve-se observar a escolha de plantas a serem colocadas nas fachadas e nas coberturas dos edifícios: quanto maior a altura dos edifícios, mais forte será o efeito dos ventos. A implementação de plantas mais frágeis não é apropriada para as jardineiras e coberturas.

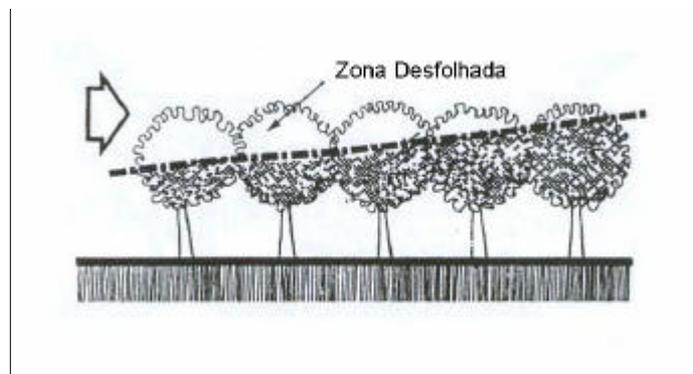


Figura 14 - Numa massa de vegetação, as árvores a barlavento desfolham mais que aquelas a sotavento.
Fonte: Izard e Guyot (1980).

2.9. Perfil de consumo de energia elétrica em edificações brasileiras

2.9.1. Consumo de energia elétrica nos setores comercial e público

O Brasil tem um clima favorável do ponto de vista energético para ambientar os edifícios. A abóbada celeste é uma das mais luminosas do mundo, permitindo nos edifícios bem projetados, a dispensa de iluminação artificial durante o dia. Lamentavelmente, os gastos com energia vêm crescendo a cada ano e isso poderia ser atenuado com a utilização da iluminação natural. Outros países têm invernos muito mais rigorosos e precisam gastar grandes quantidades de energia para aquecer seus lares e os lugares de trabalho (Mascaró, 1983a).

O uso de vegetação nas fachadas e no interior dos edifícios é uma forma de diminuir o impacto calorífico causado pela radiação solar, ao mesmo tempo que regula a entrada dos ventos no interior dos ambientes e pode atenuar o excesso de luz do sol que penetra nos ambientes construídos.

A Figura 15 mostra o consumo de energia elétrica nos setores comercial e público pesquisados pelo Laboratório de Eficiência Energética em Edificações (LabEEE) da Universidade Federal de Santa Catarina.

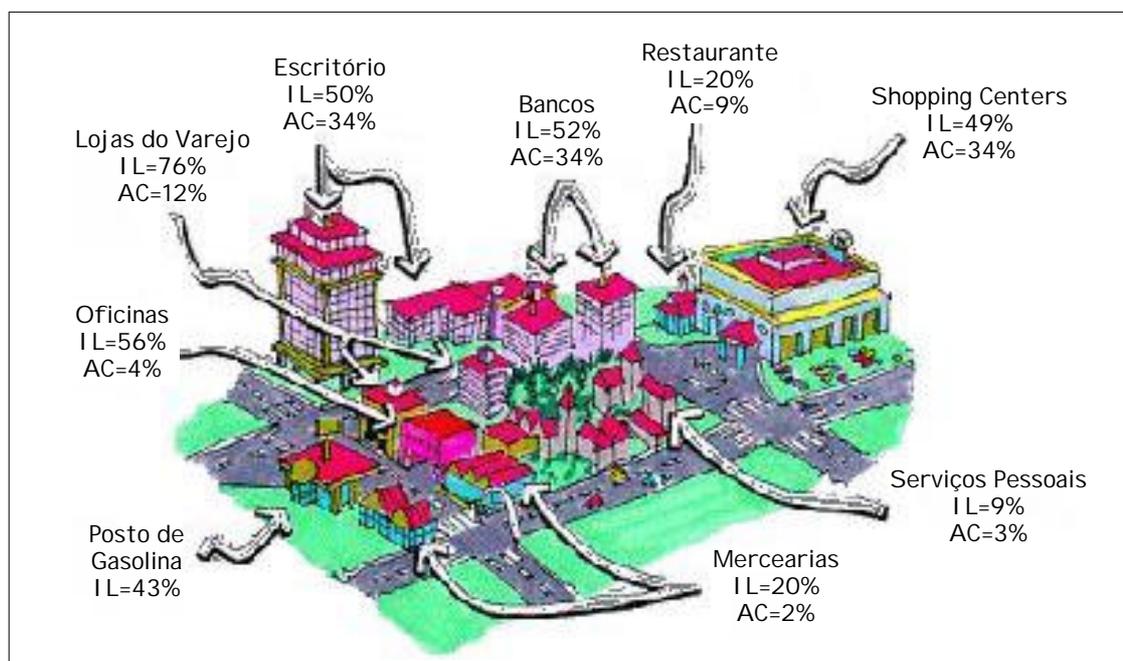


Figura 15 - Consumo de energia elétrica.

Fonte: LabEEE (2003).

Legenda: AC - ar condicionado
IL - iluminação

2.9.2. Energia elétrica em escritórios

A utilização de luz natural combinada a projetos luminotécnicos em edifícios corporativos e comerciais é capaz de reduzir o consumo total de energia da edificação pela redução da energia gasta em iluminação.

Pesquisas realizadas em um edifício comercial em Florianópolis por Souza e Pereira (1995) comprovam que as cargas de aquecimento da fachada norte apresentam um acréscimo de 13,36% em relação à orientação leste. Sendo que, a fachada leste possibilita uma maior economia em energia de iluminação que pode ser até 15% maior que a economia com a fachada orientada para o norte.

A Figura 16 mostra o consumo final de energia elétrica em escritórios pesquisados pelo LabEEE. Esse consumo poderia ser minimizado pelo uso adequado de elementos naturais, como a vegetação e o vento.

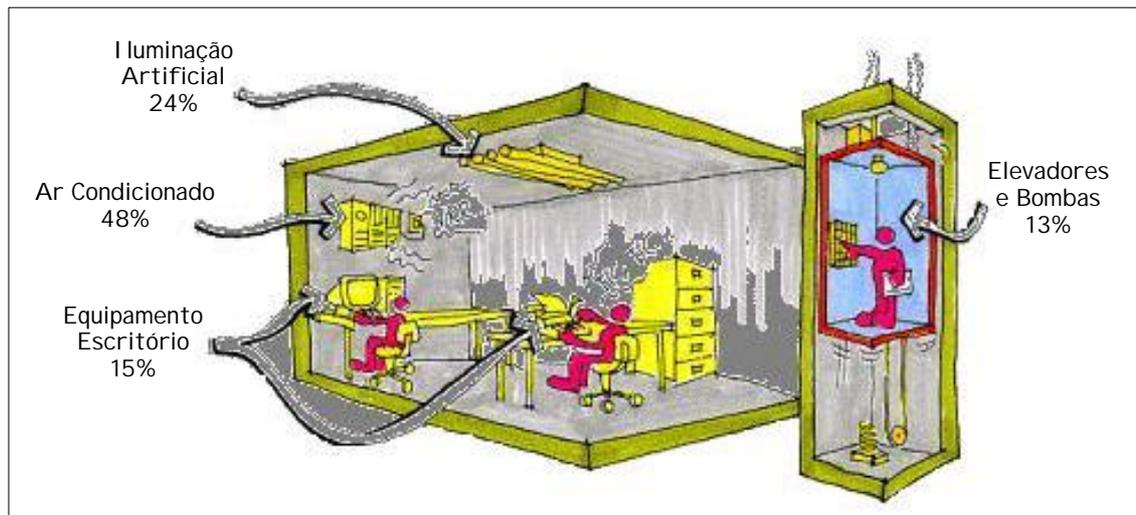


Figura 16 - Consumo final de energia elétrica em escritórios.
Fonte: LabEEE (2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização da área de estudo

Como objetos de estudo foram definidos dois Edifícios Corporativos situados no Município de Viçosa, na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais (Figura 17).

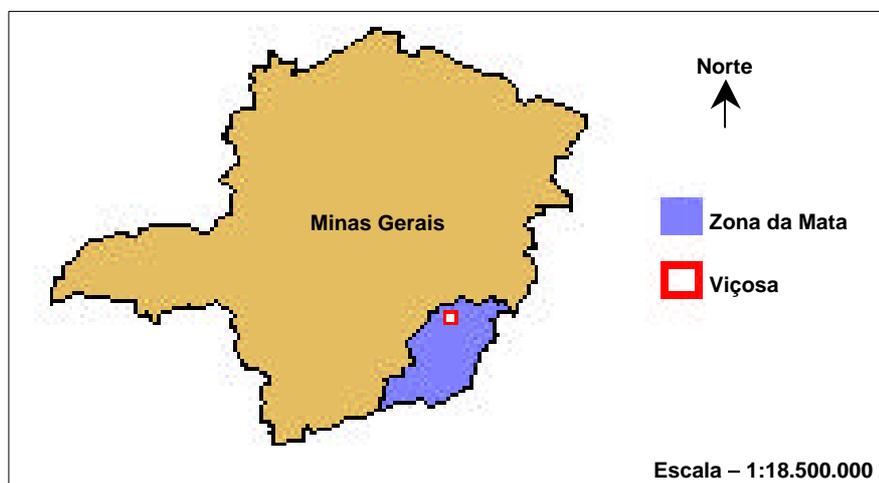


Figura 17 - Localização geográfica de Viçosa em Minas Gerais.

Viçosa está localizada a uma altitude média de 650 m e tem como coordenadas geográficas $20^{\circ}45'54''$ S e o meridiano de $45^{\circ}52'54''$ W. Possui uma área de 279 km² (Arruda, 1997).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima regional é Cwb, isto é, clima tropical de altitude, mesotérmico, caracterizado por verões frescos e chuvosos, sendo a precipitação média anual de 1.200mm (Quadro 7- AnexoD).

As áreas verdes naturais do Município de Viçosa pertencem ao domínio da Floresta Atlântica. Devido ao intenso processo de substituição da vegetação para dar lugar a pastagens e lavouras, bem como pela exploração seletiva das madeiras mais nobres, esta floresta encontra-se fragmentada, empobrecida em sua composição florística, ocupando parte dos topos de morros (Torres, 2003).

De acordo com o censo demográfico (IBGE, 2000), o Município de Viçosa possuía uma população residente de 64.957 habitantes.

3.2. Caracterização do objeto de estudo

A pesquisa foi realizada em dois Edifícios Corporativos da empresa CPT, especializada na produção de videocursos, livros, CD-Roms e cursos pela internet. Os edifícios (Figura 18) estão localizados próximos à área central

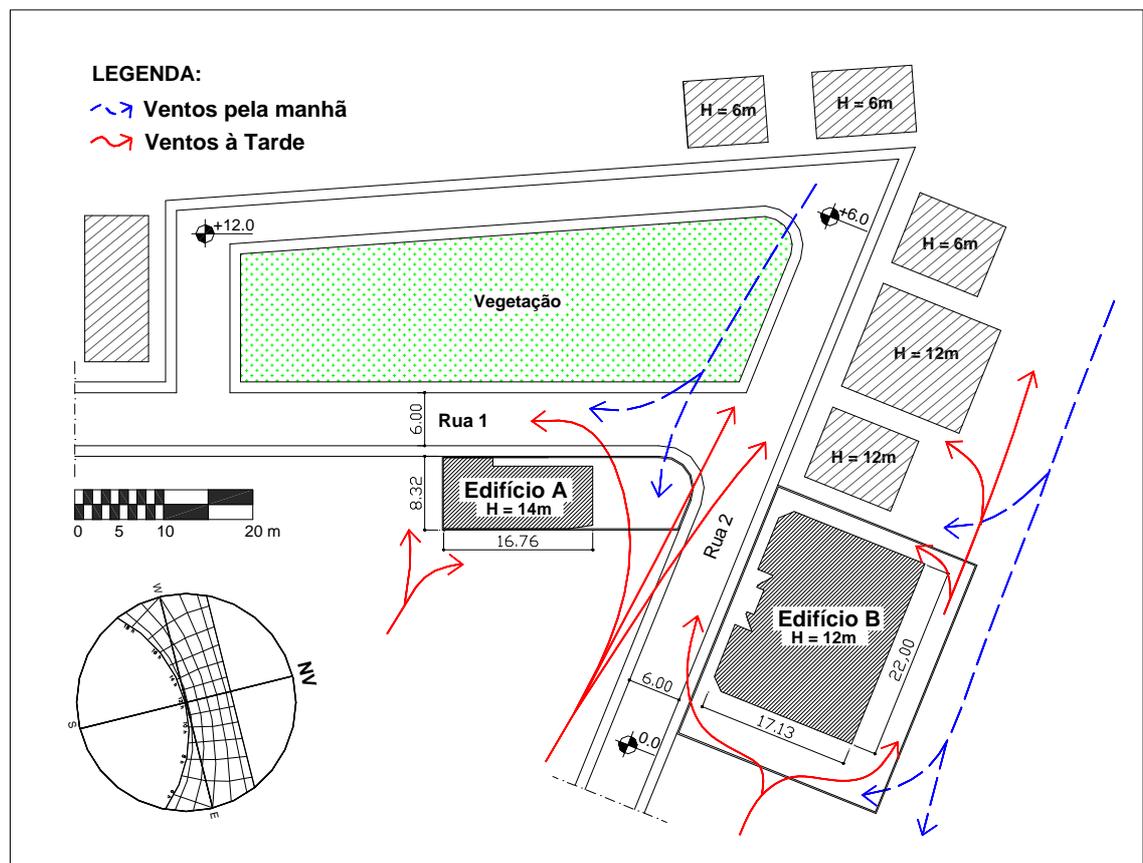


Figura 18 - Planta de situação dos edifícios A e B, área central de Viçosa - MG.

da cidade a uma altitude média de 700 m e diferem entre si pelos materiais construtivos, orientação solar e aberturas para ventilação.

A idéia inicial do trabalho era implementar vegetação ao longo das fachadas dos edifícios. Tornando-se inviável, optou-se por colocar vegetação no interior das salas dos edifícios.

A análise experimental foi feita em 17 ambientes dos edifícios, o que implica em uma considerável representatividade baseada nas condições climáticas locais.

Os levantamentos nos edifícios foram para obtenção das informações necessárias para análise dos ambientes de trabalho (interno e externo). Para isso, o ponto inicial consistiu na caracterização do objeto de estudo, registrando-se a configuração, os materiais constitutivos e de acabamento em cada EC.

3.2.1. Edifício A

A estrutura arquitetônica do edifício A compõe-se do térreo e mais três pavimentos. O fechamento das paredes é em alvenaria de bloco de concreto com dimensões 12 x 20 x 40 cm³. As fachadas são revestidas com cerâmica na cor branca com dimensões 15 x 10 cm², a pintura interna das paredes são de cor branca e a espessura total das paredes externas de 12 cm (Quadro 2). Alguns vidros das salas são cobertos com isopor, com espessura de 1cm, cobertura esta colocada devido à grande carga térmica solar que o edifício recebe durante o dia.

O edifício ocupa uma área construída de 135 m², com um volume médio de 1.620 m³, distribuído por trinta e cinco ambientes, nos quais trabalha um total de 20 funcionários.

Foram escolhidos onze ambientes para a realização da pesquisa, sendo cinco deles com a inclusão de vegetação (Figura 19 e 20).

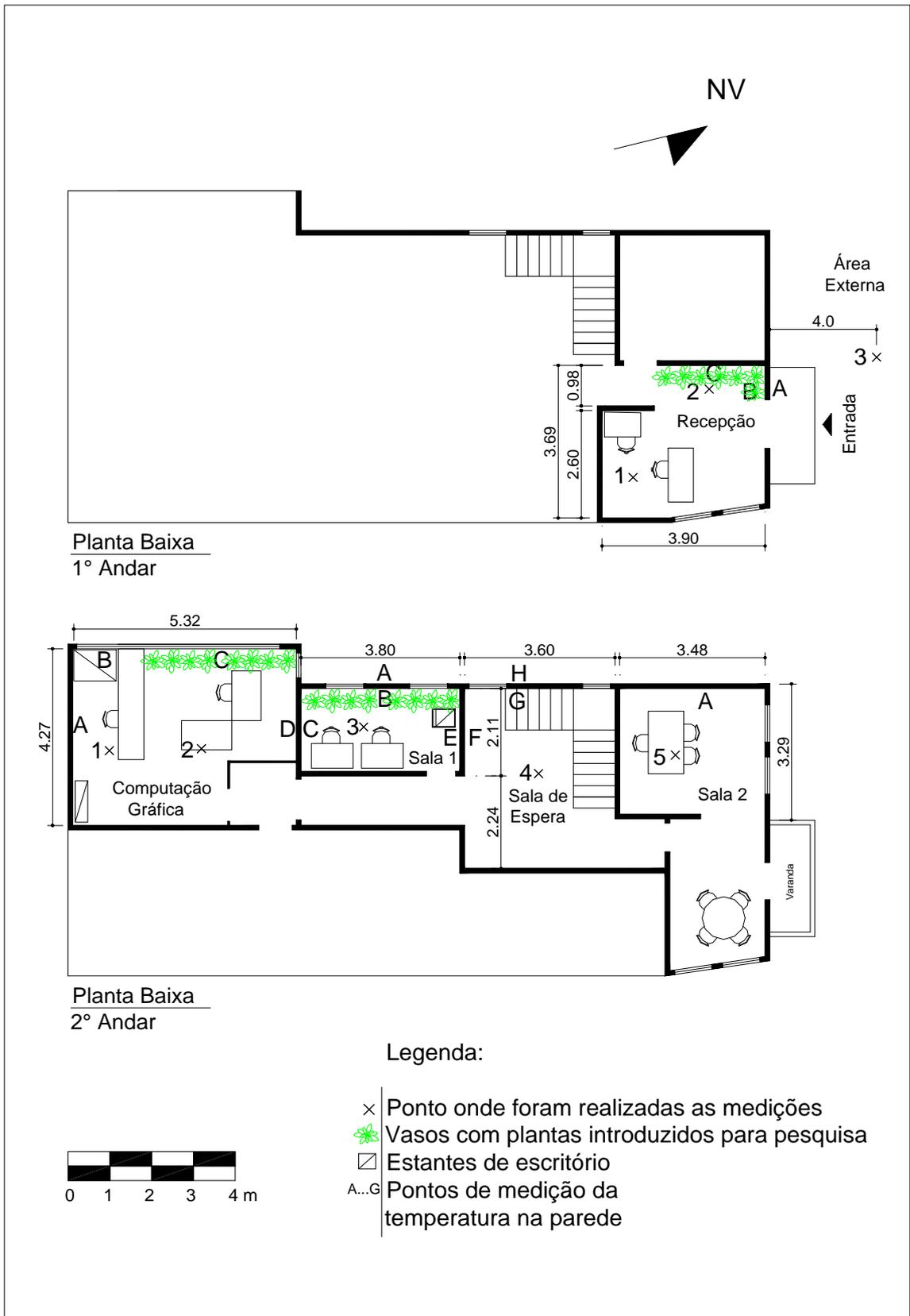
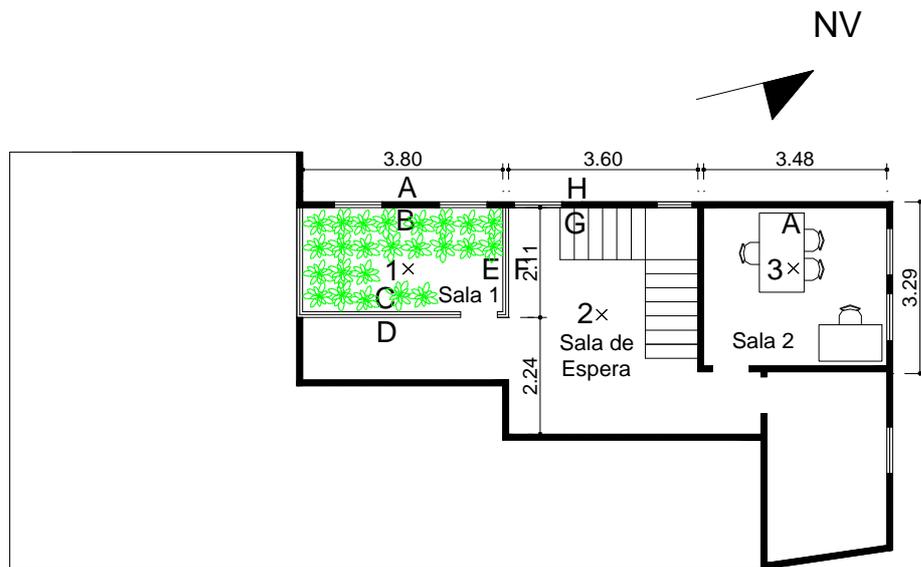
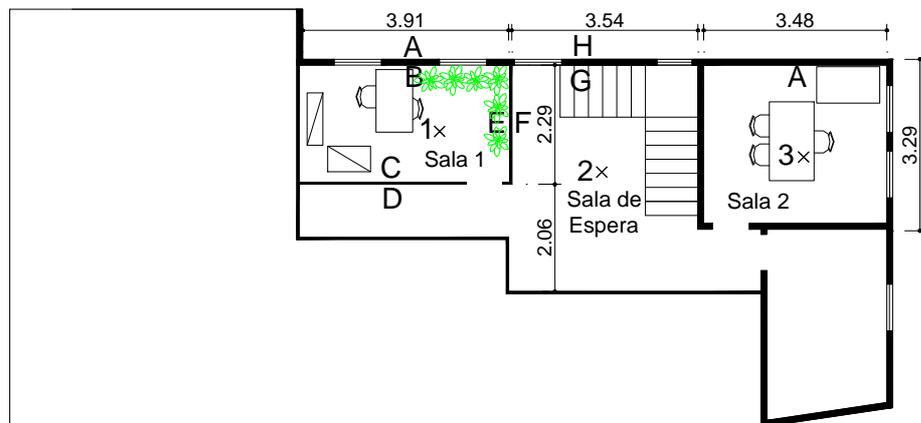


Figura 19 - Planta Baixa do Edifício A (1º Andar e 2º Andar).



Planta Baixa
3º Andar



Planta Baixa
4º Andar

Legenda:

- × Ponto onde foram realizadas as medições
- 🌿 Vasos com plantas introduzidos para pesquisa
- ▣ Estantes de escritório
- A...D Pontos de medição da temperatura na parede

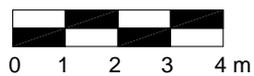


Figura 20 - Planta Baixa do Edifício A (3º Andar e 4º Andar).

Quadro 2 - Dados do Edifício A

Edifício A															
P	Local	Características				Materiais Construtivos									
		Nº	IN	Área Total (m ²)	VT Sala (m ³)	Fechamento das Paredes Internas	Janelas				PE	IL	Portas	Piso	Teto
							Dim (m)	Q	E	Vidros					
1º	Recepção (ponto 1)	1	Manhã	14,4	43,2	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Ferro Cor Vinho	GR	CO
	Área Externa (ponto 4)	N	Todo o dia	71,0	-	Bloco de Concreto Cor cinza	-	-	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Madeira Amarelo Claro Ferro Vinho	GR CI	-
2º	Sala (ponto 1)	N	Tarde	7,6	22,8	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Ferro - Bege e Vidro	GR	CO
	Comput. Gráfica (ponto 2)	2	Tarde	20,6	61,8	Divisória Fórmica Bege	0,60x1,60/0,40	1	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Fórmica Cor Bege	GR	CO
					5,00x0,80/1,80		1								
	Sala de Espera (ponto 5)	N	Tarde	16,8	54,0	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,75x1,60/1,00	1	Ferro Vinho	Incolor	C	F	-	GR	CO
					0,75x0,75/1,80		1								
Sala (ponto 6)	N	Tarde	18,0	50,0	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Madeira Amarelo Claro	GR	CO	
3º	Sala (ponto 1)	N	Tarde	7,6	22,8	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Ferro Bege e Vidro	GR	CO
	Sala de Espera (ponto 5)	N	Tarde	16,8	54,0	Bloco de Concreto Pintura Branca e Divisor.Ferro Bege	0,75x1,60/1,00	1	Ferro Vinho	Incolor	C	F	-	GR	CO
							0,75x0,75/1,80	1							
	Sala (ponto 6)	N	Todo o dia	10,2	30,6	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Madeira Amarelo Claro	GR	CO
4º	Sala (ponto 1)	N	Tarde	9,0	27,0	Divisór.Fórmica Cinza Ventilação Superior	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Fórmica Cor Cinza	CE	FV
	Sala de Espera (ponto 5)	N	Tarde	16,8	54,0	Bloco de Concreto e Fórmica Cinza	0,75x1,60/1,00	1	Ferro Vinho	Incolor	C	F	-	CE	FV
							0,75x0,75/1,80	1							
	Sala (ponto 6)	1	Todo o dia	10,2	30,6	Bloco de Concreto Pintura Branca	0,90x1,60/1,00	2	Ferro Vinho	Incolor	C	F	Madeira Amarelo Claro	CE	FV

Legenda: C - Cinza escuro; CI - Cimento.
 CE - Cerâmica bege.
 CO - Concreto branco.
 Dim - Dimensões das janelas.

E - Esquadrias.
 F - Fluorescente.
 FV - Forro de fibra de vidro.
 GR - Granilite cinza.

IL - Iluminação.
 IN - Insolação que atinge a sala.
 N - Nenhuma.
 Nº - número de pessoas trabalhando.

P - Pavimento.
 PE - Persianas.
 Q - Quantidade de janela.
 VT - Volume total.

3.2.2. Edifício B

A estrutura arquitetônica do edifício B compõe-se do térreo e mais quatro pavimentos. O fechamento das paredes é de tijolo de barro com dimensões $9 \times 19 \times 19 \text{ cm}^3$. As fachadas são revestidas com argamassa e pintura na cor branca, a parte interna tem emboço e reboco de 3 cm de espessura, a pintura interna das paredes é de cor branca e a espessura total das paredes externas de 0,25m (Quadro 3).

O edifício ocupa uma área construída de 500 m^2 , com um volume médio de 7.500 m^3 distribuído por trinta ambientes, nos quais trabalha um total de 50 funcionários.

Foram escolhidos seis ambientes para realização da pesquisa, sendo cinco deles com a inclusão de vegetação (Figura 21 e 22).

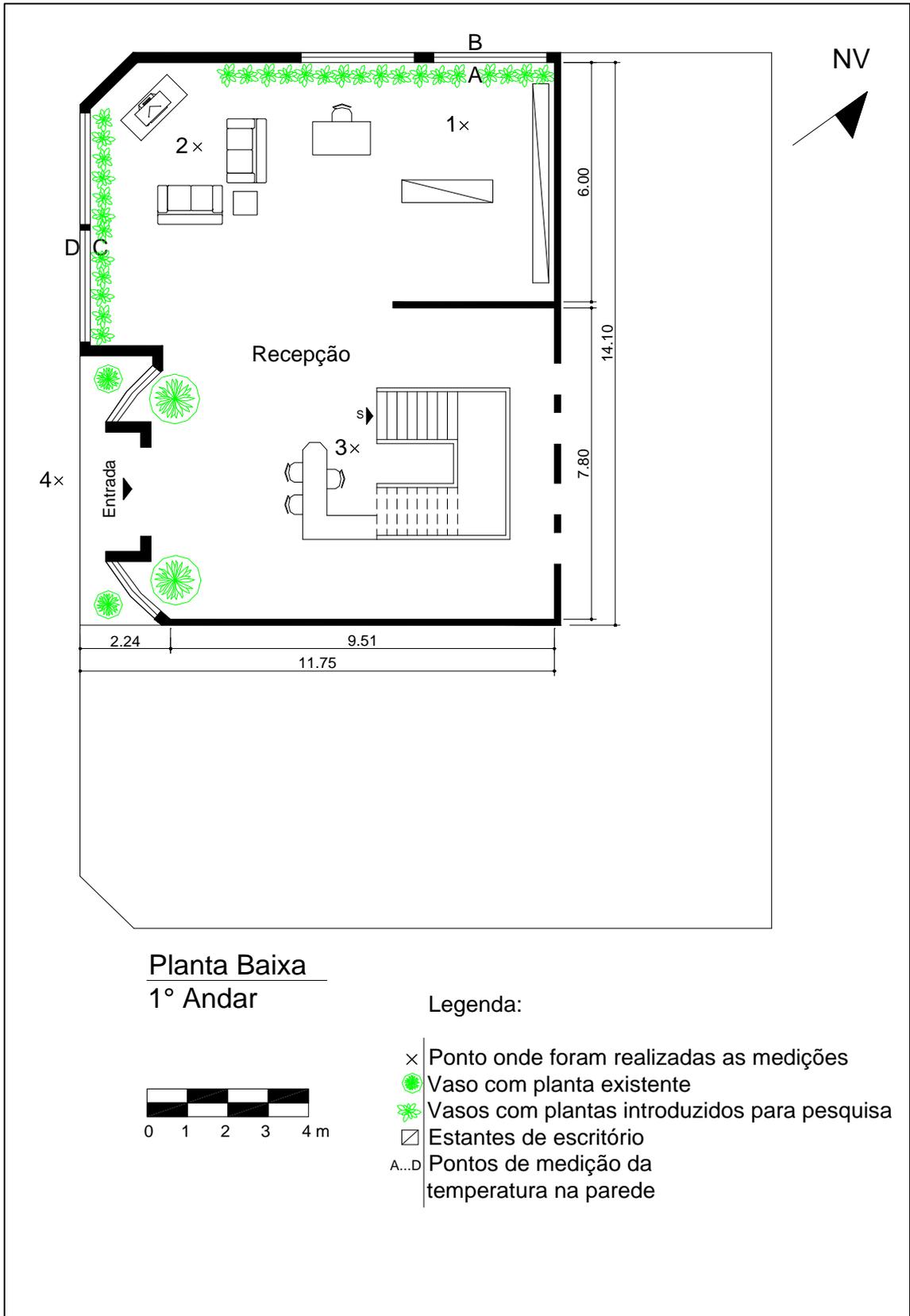


Figura 21 - Planta Baixa do Edifício B (1º Andar).

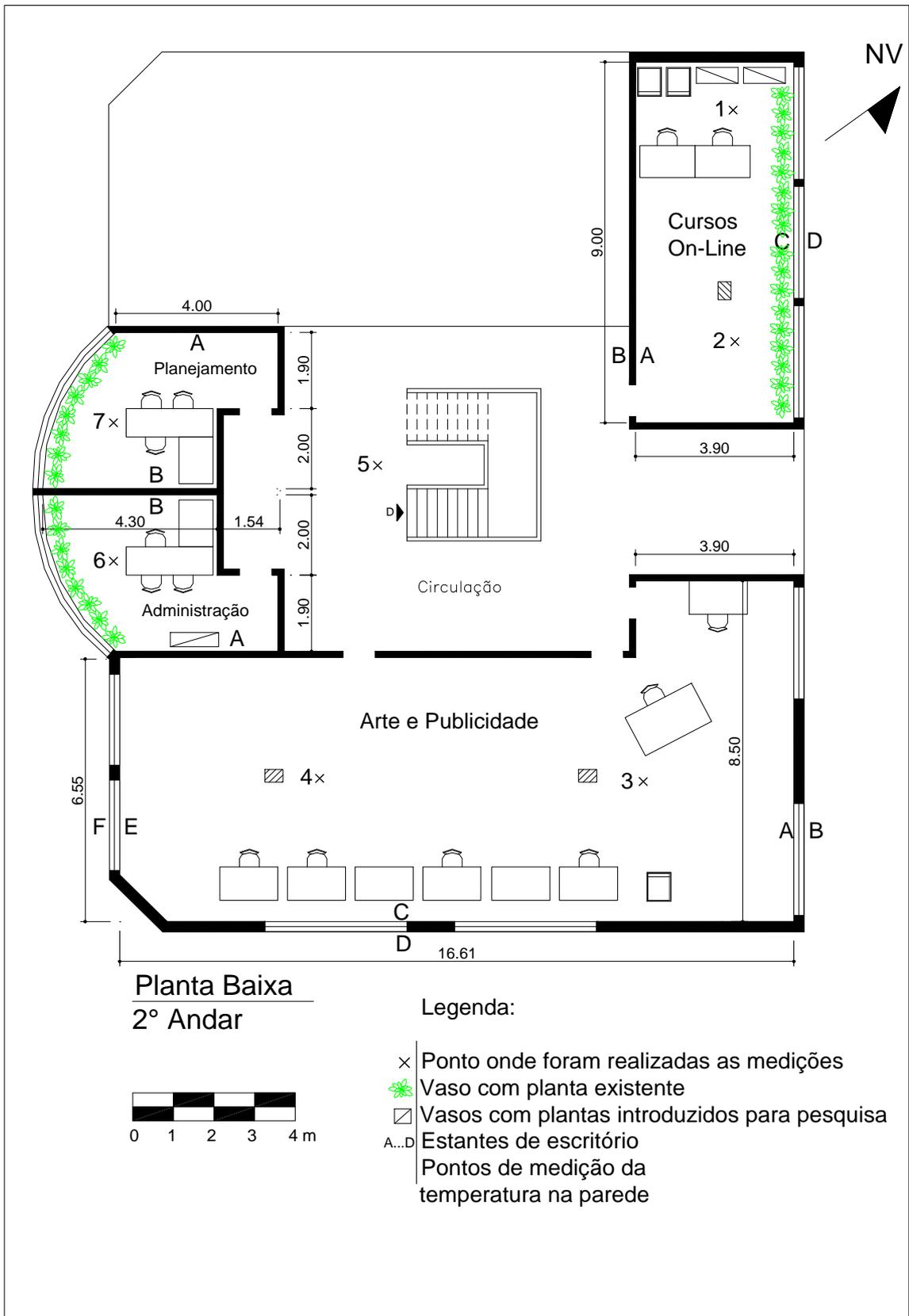


Figura 22 - Planta Baixa do Edifício B (2º Andar).

Quadro 3 - Dados do Edifício B.

Edifício B															
P	Local	Características				Materiais Construtivos									
		Nº	IN	Área Total (m ²)	VT Sala (m ³)	Fechamento Paredes Internas	Janelas				C	IL	Portas	Piso	Teto
							DIM (m)	Q	E	Vidros					
Térreo	Recepção	1	Tarde	116,6	314,8	Tijolo de Barro Pintura Branca	1,50x2,80	2	Alumínio Preto	Com película protetora Cor fumê	PC	FI	Vidro Temperado Incolor	GC	GB
						1,50x3,50	2								
	Área Externa	N	Tarde	-	-	Tijolo de Barro Pintura Branca	-	-	-	-	-	-	Ferro Cinza	GC	CO
1º	Cursos On-Line	N	Manhã	35,1	105,3	Tijolo de Barro Pintura Branca	1,50x2,80	3	Alumínio Preto	Com película protetora Cor fumê	PB	F	Madeira Amarelo Claro	CE	CO
	Administração	2	Tarde	16,8	50,4	Tijolo de Barro Pintura Branca	4,40x3,00 (painel de vidro)	1	Alumínio Preto	Com película protetora Cor fumê	PC	F	Fórmica Bege	CE	CO
	Planejamento	N	Tarde	16,8	50,4	Tijolo de Barro Pintura Branca	4,40x3,00 (painel de vidro)	1	Alumínio Preto	Com película protetora Cor fumê	PC	F	-	CE	CO
	Arte e Publicidade	N	Manhã e Tarde	106,4	319,2	Tijolo de Barro Pintura Branca	1,50x2,80	4	Alumínio Preto	Com película protetora Cor fumê	PB	F	Madeira Amarelo Claro	CE	CO
						1,50x3,50	2								

Legenda: B - Bege claro.

C - Cinza escuro.

CE - Cerâmica bege.

CO - Concreto branco.

DIM - Dimensões das janelas.

E - Esquadrias.

F - Fluorescente.

FI - Fluorescente e Incandescente.

GB - Gesso branco.

GC - Granito cinza.

IN - Insolação que atinge a sala.

IL - Iluminação.

N - Nenhuma.

Nº - Número de pessoas trabalhando.

P - Pavimento.

PE - Persianas.

Q - Quantidade de janela.

VT - Volume total.

3.3. Metodologia

Nesta pesquisa foi aplicado o método ecológico (Paiva Filho e Santos, 1998), que tem como objetivo o estudo das relações existentes entre o homem e o meio em que vive. Nesse sentido, foi importante analisar o processo de interação entre os fatos sociais e os elementos da natureza, estabelecendo uma relação entre a realidade e a teoria existente.

Para realização do experimento foram escolhidas algumas salas dos edifícios, nas quais há incidência de radiação solar pela manhã, à tarde e durante todo o dia, além de ter sido escolhido um ponto externo aos edifícios A e B. Dentro das salas foram colocados vasos com plantas, próximos às paredes externas sujeitas a maior intercâmbio térmico devido a efeitos do sol e dos ventos. De acordo com a dimensão das salas, foram escolhidos os pontos para medição de fatores ambientais térmicos, de umidade e de ventilação. Esses pontos foram enumerados a cada andar, partindo do número um (início da medição) até finalizar a medição da última sala no andar. Baseadas nas normas da ABNT, as alturas escolhidas para medição foram aquelas nas quais ocorrem as atividades em escritório. Dessa forma, em cada ponto escolhido foram realizadas medições no ar, nas alturas de 0,80 m e 1,50 m em relação ao piso.

O plano de ação para realizar a coleta de dados para a pesquisa compreendeu medições de fatores ambientais em todos os pontos, realizadas da seguinte forma:

- Levantamento Quantitativo: foram realizadas medições de temperaturas do ar e das superfícies do piso, do teto e das paredes; de umidade relativa do ar e velocidade do ar, no interior dos edifícios e seu entorno. Para obter a temperatura de bulbo seco (TBS) e temperatura de bulbo úmido (TBU) foi utilizado o aparelho Psicrômetro Giratório (Bacharach 12-7013 Mercury °C); para a temperatura radiante média, Termômetro de Globo Negro; para a temperatura de superfície, Termômetro de Infravermelho (Raytek R., modelo Raynger Mx4 PB); para o movimento do ar, Anemômetro de ventoinha (Minipa MDA-10, #000000461, #108009, Lutron AM-4201). Foram observadas as condições do céu e também foi utilizada a carta solar para observar as influências do sol nos prédios e ambientes desejados.

- Levantamento Qualitativo: foram feitas entrevistas com os usuários para verificar as condições de conforto ambiental e os resultados foram comparados com dados disponíveis na literatura e com as medições realizadas.

As medições ocorreram do dia 19 de fevereiro de 2003 ao dia 30 de março de 2003, sendo que, um total de vinte dias foram pesquisados neste intervalo. Primeiramente foram realizadas medições nos dois edifícios: na primeira etapa sem a presença de vegetação e, na segunda etapa com a inclusão de vegetação.

Para o manuseio dos equipamentos durante a medição foi estabelecida uma seqüência de leituras que foi seguida em todos os pontos de medição nas salas: Termômetro de Globo, Psicrômetro (medições de TBS e TBU), Termômetro de Infravermelho, Luxímetro e Anemômetro.

Do início das medições na primeira sala até a última sala foram gastos, em média, 30 a 45 minutos para percorrer todos os ambientes, na seguinte seqüência:

- Edifício A: recepção (1º andar), computação gráfica (2º andar), sala 1 (2º andar), sala de espera (2º andar), sala 2 (2º andar), sala 1 (3º andar), sala de espera (3º andar), sala 2 (3º andar), sala 1 (4º andar), sala de espera (4º andar) e sala 2 (4º andar).
- Edifício B: recepção (1º andar), cursos on-line (2º andar), arte e publicidade (2º andar), circulação, administração (2º andar) e planejamento (2º andar).

A caracterização das condições do céu foi baseada em Mascaró (1988) e nas normas do LabEEE (1999), relacionadas no Quadro 4:

Quadro 4 - Condições do Céu e Visibilidade Solar.

Condição do Céu:	Visibilidade Solar:
Céu Claro: abóbada celeste coberta de nuvens em menos de 1/3 da superfície total.	0%
Céu Parcialmente Nublado: abóbada celeste coberta de nuvens em 1/3 a 2/3 da superfície total.	25%
Céu Nublado: abóbada celeste está coberta de nuvens em mais de 2/3 da superfície total.	50%
Céu Encoberto: abóbada celeste totalmente coberta por nuvens, e o sol está totalmente invisível.	75%
	100%

Fonte: Mascaró (1988) e LabEEE(1999).

Para a maioria dos pontos houve, no mínimo, três dias de medições. Após o levantamento dos dados, esses foram separados e agrupados para que a média dos valores fosse calculada utilizando-se o programa Microsoft Excel 2000. A partir de então, estabeleceu-se uma seqüência para classificação dos dados: edifício, condição de céu, tipo de ambiente, dia, ponto analisado, horário, alturas e por último foram separados os dias em que existiam ou não a vegetação. Assim, puderam ser montados os gráficos para a finalização e análise dos resultados.

3.3.1. Espécies vegetais utilizadas nas pesquisas

As espécies vegetais escolhidas para serem colocadas nas salas foram aquelas propícias às condições climáticas locais. A altura de cada planta variou de 1,20m a 1,80 m. A caracterização das plantas utilizada foi baseada em Lorenzi e Souza (1999):

Aglaonema pseudo-bracteatum (café de salão dourado) - Família Araceae.



Figura 23 - Café de salão dourado.

Herbácea de 20-40 cm de altura. Folhas coriáceas, de pecíolo longo, efeito notável pelo verde manchado. Floresce eventualmente, produzindo inflorescências em espádice. Adequada para o cultivo em vasos, bordaduras ou jardineiras à sombra. O solo deve ser enriquecido com matéria orgânica visando uma boa retenção de umidade. Não tolera baixas temperaturas, sendo mais indicada para regiões de clima tropical e subtropical. Multiplica-se por estacas.

Alpinia purpurata (alpinia, gengibre vermelho) - Família Zingiberaceae.



Figura 24 - Alpinia.

Herbácea, florífera, de 1,5-2,0 m de altura, de folhas verde-escuras e espessas. Inflorescências terminais, espigadas, com flores brancas, róseas ou vermelhas, que se formam o ano todo. Originária das Ilhas dos Mares do Sul. Cultivada como planta isolada ou em grupos. É muito sensível ao frio. Multiplica-se por divisão de touceira ou por mudas que surgem nas brácteas da inflorescência.

Anthurium froebelii (antúrio) - Família Araceae.



Figura 25 - Antúrio.

Semi-herbácea, perene, de 0,3-1,0 m de altura, com folhas brilhantes. Inflorescências eretas, de cor branca, rósea ou vermelha e formadas durante todo ano. Originária da Colômbia. É cultivada em vasos, jardineiras ou ao longo de muros no chão, formando conjuntos à meia-sombra. Não tolera baixas temperaturas e desenvolve-se em regiões quentes e úmidas. Multiplica-se por sementes ou pelas mudas laterais que se formam no caule.

Cordyline terminalis (dracena vermelha, cordiline) - Família Liliaceae.



Figura 26 - Dracena.

Arbusto semi-lenhoso, de 1,0-2,5 m de altura, com folhas coriáceas e espessas. As folhas apresentam uma variação de cores e formas conhecidas por nomes hortícolas. Inflorescências longas, terminais, com flores não vistosas e pouco significativas. Originária da Índia e Malásia. É cultivada em vasos ou em muros, formando conjuntos desenhados, tanto a pleno sol como à meia-sombra. Tolerar o frio. Multiplica-se geralmente por estacas e sementes.

Chamaedorea cataractarum (palmeira cascata) - Família Palmae.



Figura 27 - Palmeira.

Palmeira de troncos múltiplos e finos, de 1,50-2,0 m de altura. Folhas com folíolos linear-alongados, de cor verde escura. Inflorescência ramificada, com flores masculinas e femininas em plantas separadas. Frutos globosos e pretos. Originária do México. Adequada para cultivo em vasos de interiores ou em jardins para plantio isolado ou em grupos, à sombra ou meia-sombra. Deve ser irrigada periodicamente. Não tolera geada. Multiplica-se por sementes ou por divisão de touceira.

Spathiphyllum wallisi Regel (lírio da paz, espatifilo) - Família Araceae.



Figura 28 - Espatifilo.

Herbácea perene, de 20-30 cm de altura, com folhas coriáceas. Floresce na primavera-verão, destacando-se pela espata branca e ausência de perfume. Origem: Venezuela e Colômbia.

Cultivada à meia-sombra em vasos ou em canteiros, com terra irrigada periodicamente. Não tolera temperaturas baixas, sendo indicada para regiões tropicais e subtropicais. Multiplica-se por mudas que se formam junto à planta original.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Uma das missões da arquitetura é projetar edifícios para seres humanos. O projeto é um instrumento que permite, efetivamente, promover as condições para o bem-estar dos usuários, no sentido mais amplo, ou seja, atingir o conforto psicofisiológico daqueles que usam o ambiente construído, sem olvidar outros aspectos funcionais, construtivos, estéticos e simbólicos da obra arquitetônica, além da salubridade (Pietrobon, Lamberts e Pereira, 2001).

Do ponto de vista paisagístico, no interior do EC, um dos aspectos a serem considerados visando o bem-estar dos usuários é investigar condições de exposição térmica em ambientes reais, com e sem vegetação.

Devido à constituição físico-geométrica dos fechamentos dos edifícios analisados, durante o período de observação e em todas as medições térmicas diurnas (fevereiro-março 2003) foi constatado que, sob incidência solar ou não, as superfícies externas estiveram, na maioria das vezes, com temperaturas superiores às internas. Pelo fato dos fechamentos externos (portas e janelas) serem termicamente leves, os efeitos da incidência solar se manifestavam no interior em curto espaço de tempo (30 a 60 minutos a partir do início da exposição), induzindo situações de desconforto higrotérmico nos ambientes de trabalho. Isso ocorreu, principalmente, pela radiação infravermelha emitida pelas paredes insoladas e pela quase inexistência de circulação de ar (algumas salas no edifício A e B), ainda que as aberturas fossem mantidas abertas.

Logo após a primeira etapa de observações e medições nas salas, foi introduzida vegetação nos ambientes de trabalho, distribuído conforme disposição mostrada nas Figuras 19 a 22.

Numa segunda etapa, foram incluídas plantas nos ambientes de trabalho. Com isso, parte da radiação proveniente dos fechamentos externos insolados (onda longa) foi interceptada pela barreira de vegetação. Durante o dia, a energia cedida pelas superfícies e pelo ar foi utilizada pelas plantas para o processo de fotossíntese, reduzindo a carga térmica nos recintos, promovendo assim, a queda da temperatura ambiente.

Acusticamente não foram feitas medições, pois, as perturbações acústicas externas no local não eram relevantes, visto que não ocorreram reclamações por parte dos usuários.

A partir dos levantamentos em campo para verificar a influência da vegetação nos ambientes internos A e B obtiveram-se os resultados apresentados e discutidos nos tópicos a seguir.

O Quadro 6 (Anexo C) resume os resultados e permite extrair, numa análise quali-quantitativa dos ambientes investigados, importantes conclusões sobre o comportamento ambiental nos dois edifícios, avaliados sem e com vegetação, de fevereiro a março de 2003.

4.1. Edifício A

A área externa no edifício A recebeu insolação até às 16h30min, diferentemente do edifício B onde apenas durante a tarde há incidência solar.

4.1.1. Sala da recepção

Dos ambientes investigados no edifício A, apenas a recepção (Figuras 29 e 30) recebia insolação durante a parte da manhã. Nesta sala há uma porta que permite o acesso ao edifício e fica aberta durante toda jornada, contrariamente às janelas que são mantidas fechadas. As medições foram realizadas nos pontos 1 e 2 dentro da sala (Figura 19 - planta baixa 1º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.



Figura 29 - Recepção original.



Figura 30 - Recepção com a presença de vegetação para realização da pesquisa.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 31a) apresentou, em todos os dias, temperaturas inferiores à do piso na área externa, sendo de 11°C a maior diferença média, verificada às 14h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 31b), devido à inércia térmica, foi inferior ao ar no intervalo de 11 às 13h; nos demais horários de medições foi até 2°C superior à do ar na sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 32a e b), verificou-se que no intervalo de 10 às 16h a temperatura do ar da sala ficou de 0,5 a 1,8°C abaixo. A umidade relativa do ar da sala oscilou de 3,3% menor às 8h e 4,9% maior às 10h em relação à externa.

Em dias de céu nublado, a recepção recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. A temperatura superficial do piso na sala (Figura 33a) apresentou, em todos os dias, temperaturas inferiores à do piso na área externa, sendo de 11,8°C a maior diferença média, verificada às 12h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 33b), devido à sua inércia térmica, apresentou até 1,3°C (valor médio às 17h30min) superior ao ar na sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 34a e b), verificou-se que a temperatura do ar da sala ficou até 1,6°C superior às 12h e, a partir de então reduziu até 1,1°C às 17h30min. A umidade relativa do ar dentro da sala esteve até 20,7% superior à área externa às 14h.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura superficial do piso da sala (Figura 31a) de 1,4 a 3,2°C comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 14h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 31b), devido à inércia térmica, oscilou ao longo dos dias, de 1,2°C inferior ao ar às 16h até 2,0°C superior às 8h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 1,2 a 2,6°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 32a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 0,9 a 2,2°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 10,9% superior às 12h.

Em dias de céu nublado, a recepção recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso dentro da sala, observou-se que a vegetação reduziu a temperatura do piso (Figura

33a) de 1,1 a 1,8°C, comparado aos dias anteriores à vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 10h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 33b), devido à inércia térmica, oscilou ao longo dos dias, de 0,9°C inferior ao ar às 12h até 0,5°C superior às 8h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 0,5 a 2,2°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 34a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 1,1 a 1,9°C menor até 10h com a presença da vegetação e a partir desse horário a temperatura aumentou devido ao aumento de temperatura e umidade dentro da sala. A umidade do ar estava até 20,9% superior às 14h.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala de recepção

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala de recepção foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 35 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 32 e 35, referentes a céu claro, com incidência de sol pela manhã e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,3 a 29,3°C;
- a umidade relativa média variou de 53 a 77%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação, quente e úmido, portanto sem condição de conforto. Para melhorar a sensação de conforto, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar os efeitos da alta temperatura e umidade.

Analisando-se as Figuras 32 e 35, referentes a céu claro, com incidência de sol pela manhã e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,0 a 28,2°C, diminuindo até 2,2°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 60 a 81%, aumentando até 11% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve até 1,0 m/s.

Se por um lado, a umidade relativa acima de 65% (devida à evapotranspiração das plantas e à umidade local), durante o período da tarde, induz pensar em condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto, por outro lado, quando se conjugam as variáveis ambientais medidas sob a condição de céu claro, pode-se dizer que a existência de ventilação cruzada no ambiente permitiu obter sensações térmicas de conforto.

Analisando-se as Figuras 34 e 35, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol pela manhã e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 25,3 a 27,0°C;
- a umidade relativa média variou de 73 a 82%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que mesmo com pouca ventilação cruzada, a sensação térmica nesse ambiente era distante do conforto ótimo. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,4 m/s, para compensar a alta umidade, e assim proporcionar sensação de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 34 e 35, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol pela manhã e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,3 a 27,4°C, diminuindo até 2,0°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 61 a 80%, aumentando até 21% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Se por um lado, a umidade relativa acima de 65% (devida à evapotranspiração das plantas e à garoa) induz pensar em condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto; por outro lado, mesmo a temperatura variando próxima à faixa de conforto ótimo, para melhorar a sensação de conforto, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar os efeitos da alta umidade.

A partir das entrevistas foi possível concluir que durante o verão, a sala é quente, principalmente no período da manhã, fazendo com que as pessoas fiquem indispostas para trabalhar. Os depoimentos permitiram confirmar a análise dos resultados quanto à falta de conforto na recepção. Com a presença de vegetação sentiram que o ambiente ficou mais agradável termicamente, além de mais aconchegante e bonito.

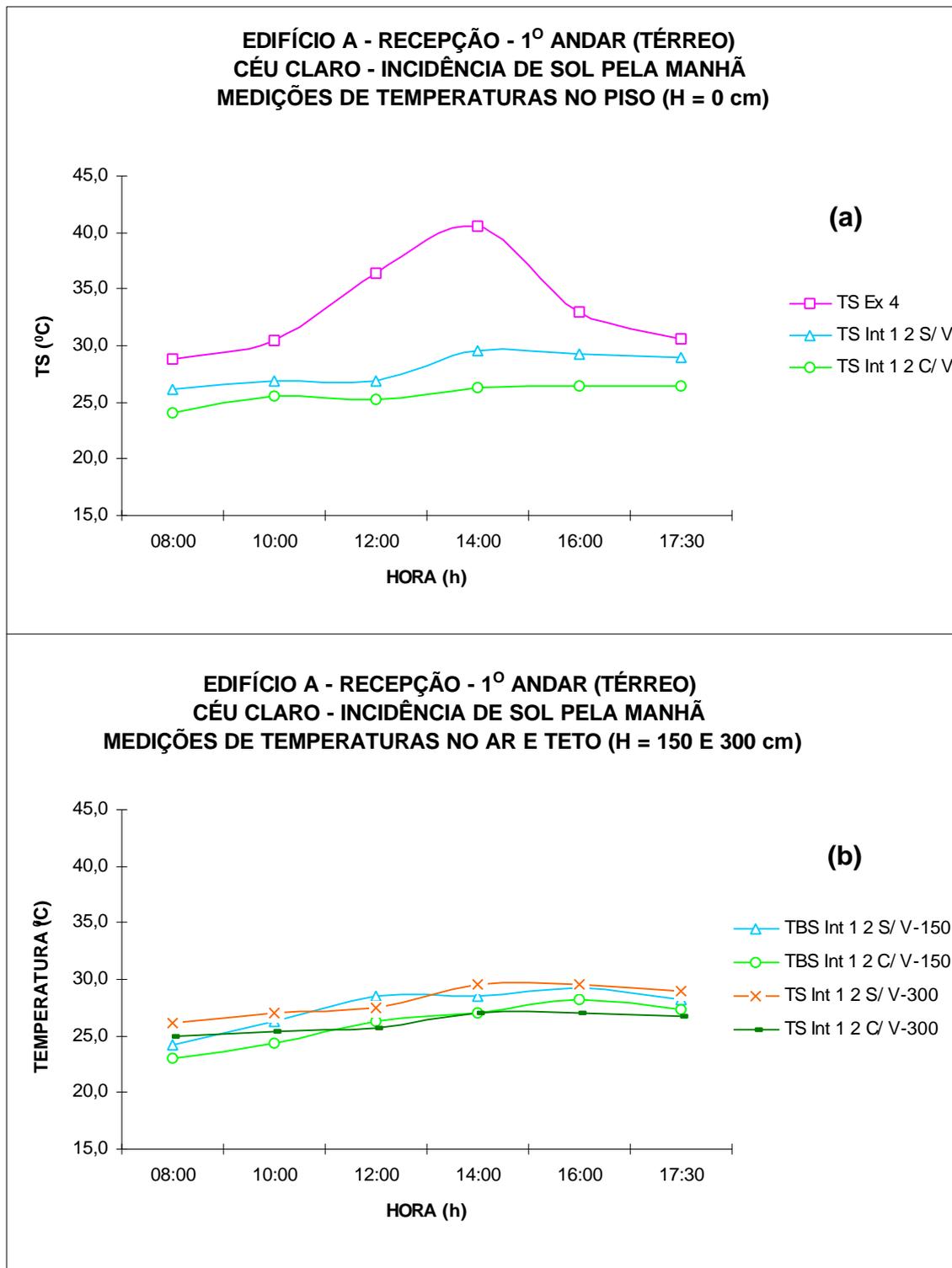


Figura 31 - Edifício A, recepção. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

**EDIFÍCIO A - RECEPÇÃO - 1º ANDAR (TÉRREO)
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL PELA MANHÃ
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)**

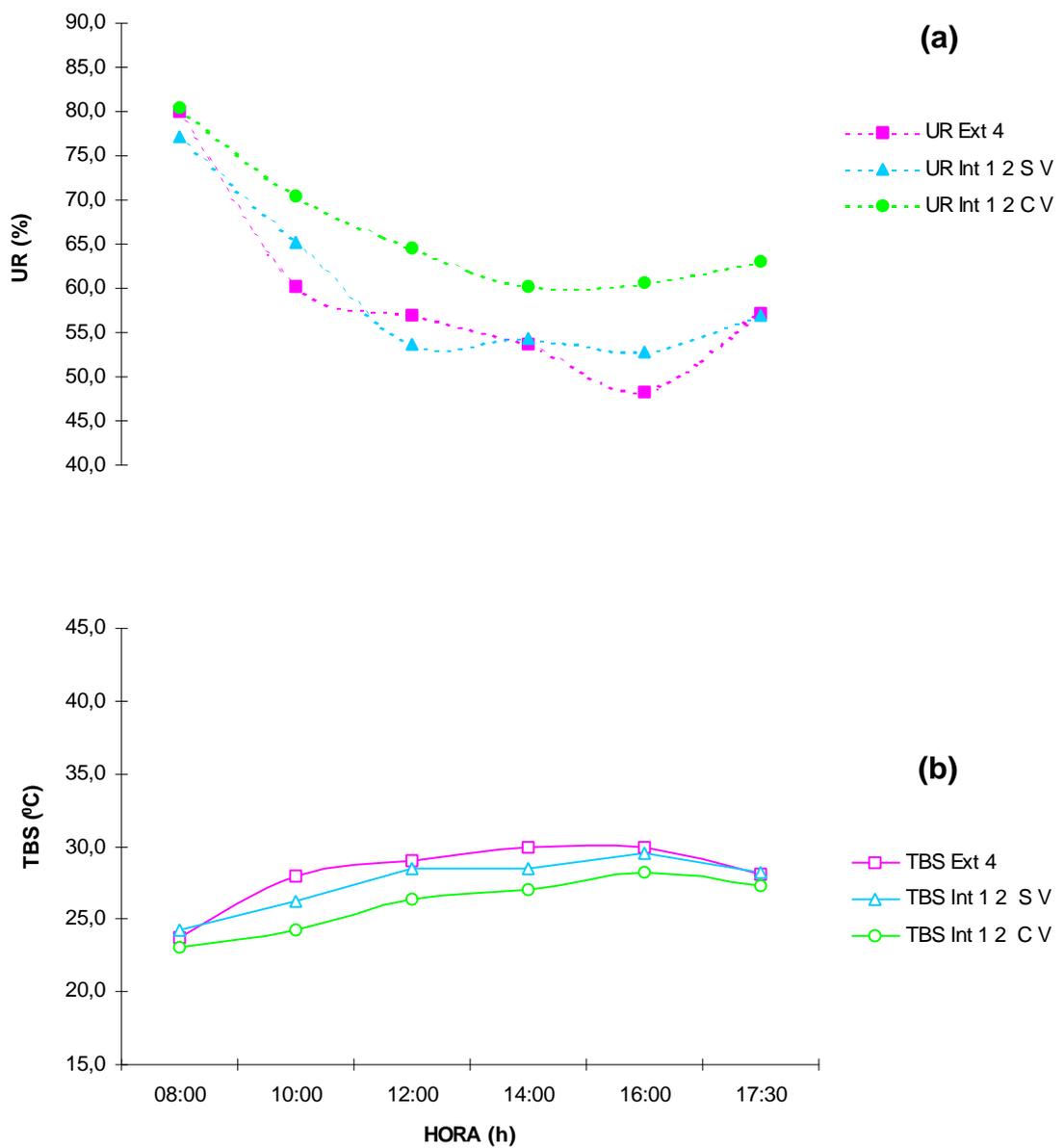


Figura 32 - Edifício A, recepção. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro.

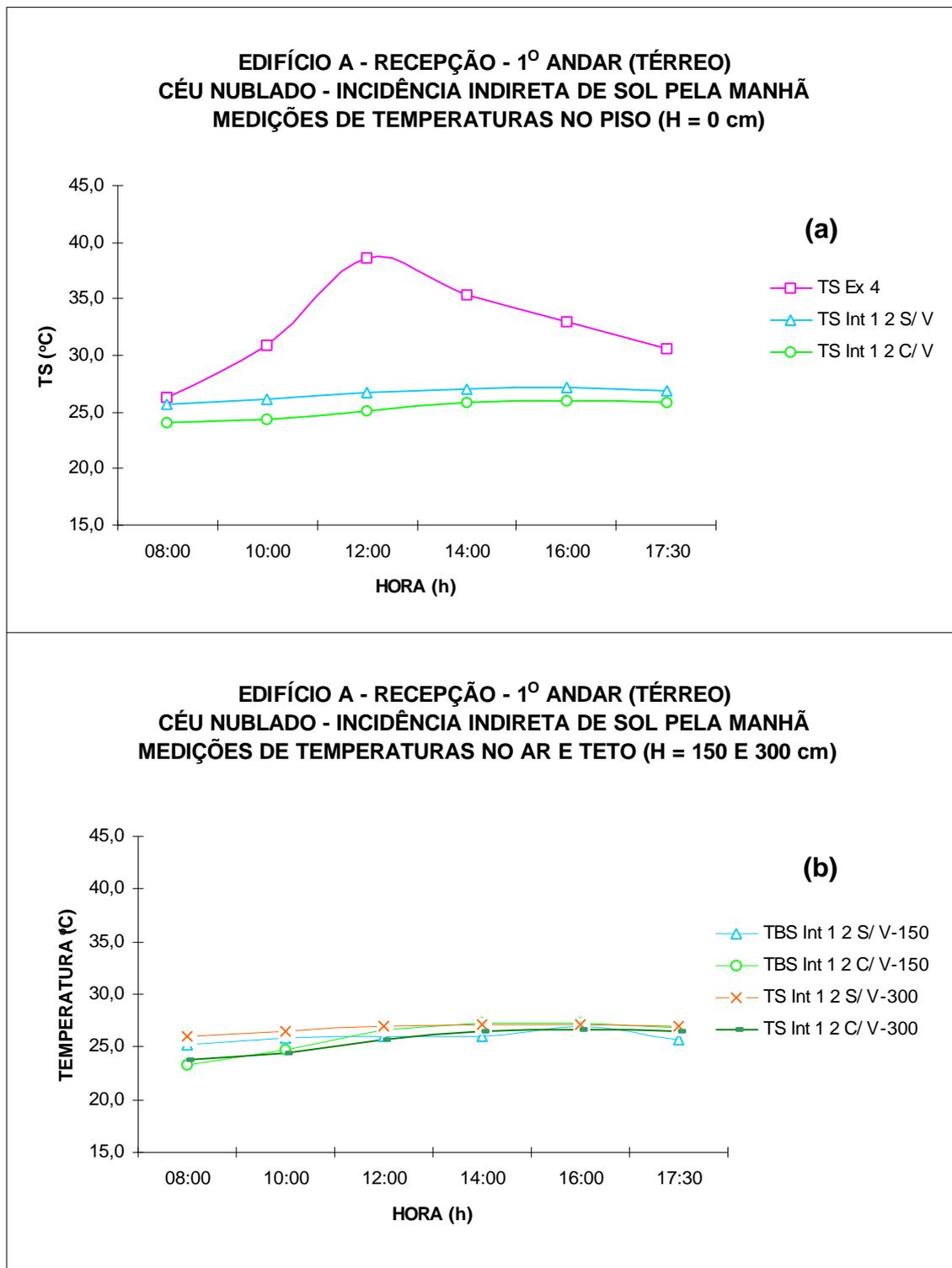


Figura 33 - Edifício A, recepção. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e, temperatura do ar, em dias de céu nublado.

EDIFÍCIO A - RECEPÇÃO - 1º ANDAR (TÉRREO)
CÉU NUBLADO - INCIDÊNCIA INDIRETA DE SOL PELA MANHÃ
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)

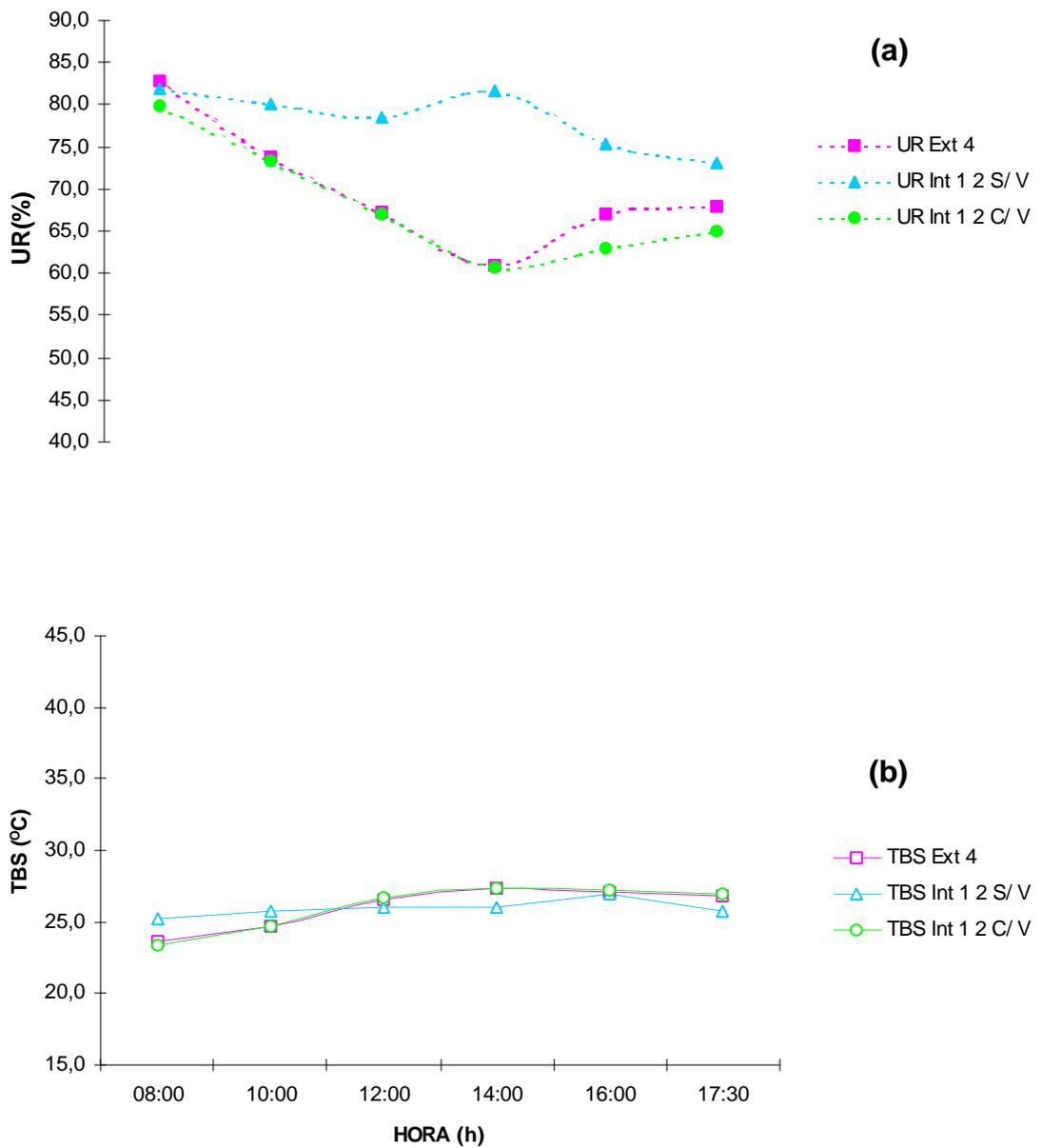


Figura 34 - Edifício A, recepção. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

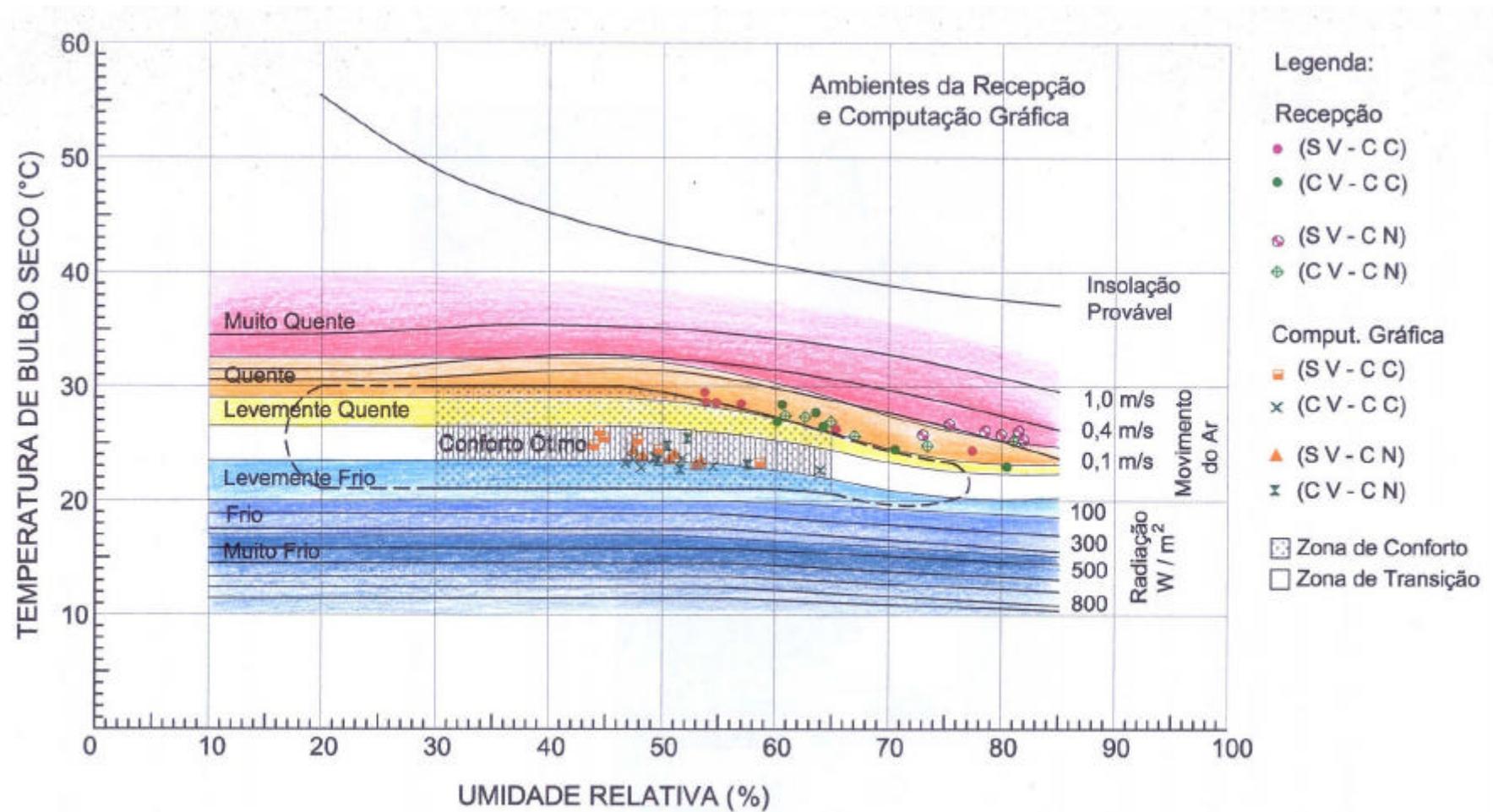


Figura 35 - Aplicação da carta bioclimática de Olgay no Edifício A (h=1,5m) para condições de verão, céu claro ou nublado no horário de 8h às 18h. Associado a um trabalho leve em escritório gerando 130-150 W e, pessoas com vestimentas de 1 “clo”.

4.1.2. Sala de Computação Gráfica

Dos ambientes investigados no edifício A, apenas a sala de computação gráfica (Figuras 36 a 38) tem a presença de ar condicionado e também recebe insolação apenas durante à tarde. Nesta sala mantêm-se as portas e janelas fechadas durante toda jornada de trabalho. As medições foram realizadas nos pontos 1 e 2 dentro da sala (Figura 19 - planta baixa 2º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.



Figura 36 - Computação Gráfica original.



Figura 37 - Computação Gráfica com a presença de vegetação para realização da pesquisa.



Figura 38 – Detalhe da vegetação.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 39a) apresentou, em todos os dias, temperaturas inferiores à do piso na área externa, sendo de 13,5°C a maior diferença média, verificada às 14h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 39b), devido à inércia térmica, foi até 3,4°C superior ao ar às 12h.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 40a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 0,5 a 4,8°C inferior dentro da sala, isso ocorreu devido a influência do ar condicionado. A umidade do ar da sala estava em até 21,3% inferior às 8h.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso (Figura 41a), dentro e fora da sala, constatou-se que na sala a temperatura esteve, ao longo dos dias, abaixo de 13,1°C em relação a área externa, sendo a maior diferença média verificada às 12h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 41b), devido à inércia térmica, foi até 2,4°C superior ao ar às 16h.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 42a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 3,4°C inferior às 14h dentro da sala, isso ocorreu devido a influência do ar condicionado. Já a umidade relativa do ar da sala esteve até 29,5% inferior à área externa às 8h.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura superficial do piso (Figura 39a) dentro da sala de 0,9 a 5,2°C comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 12h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 39b), devido à inércia térmica, foi até 0,8°C superior ao ar a partir de 12h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 2,4 a 5,2°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 40a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 2,9°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar estava até 5,2% superior pela manhã.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura do piso (Figura 41a) de

0,7 a 2,4°C comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 16h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 41b), devido à inércia térmica, oscilou ao longo dos dias, de 0,9°C inferior ao ar às 14h até 1,4°C superior às 8h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 0,7 a 2,0°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 42a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 1,3°C superior de 11h às 13h e nos outros horários esteve até 0,6°C menor com a presença da vegetação. A umidade do ar estava até 4,4% superior às 14h, o ar condicionado fez com que a maior parte da umidade fosse deslocada para fora da sala.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala de computação gráfica

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala de computação gráfica foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 35 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 40 e 35, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,2 a 26,0°C;
- a umidade relativa média variou de 44 a 59%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob ar condicionado permanente, de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 40 e 35, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 22,6 a 23,4°C, diminuindo até 3,0°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 47 a 64%, aumentando até 5% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que mesmo com a evapotranspiração das plantas, a umidade não ultrapassou 65%, assim as condições de exposição higrotérmicas corresponderam aos requisitos para conforto ótimo. Ainda que a temperatura do ar estivesse abaixo da faixa de conforto, mesmo assim, o ambiente proporcionava sensações de conforto.

Analisando-se as Figuras 42 e 35, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,5 a 24,0°C;
- a umidade relativa média variou de 48% a 53%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob ar condicionado permanente, de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 42 e 35, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,0 a 25,3°C, diminuindo até 1,3°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 49% a 58%, aumentando até 5% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve abaixo de 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que mesmo com a evapotranspiração das plantas, a umidade não ultrapassou 65%, assim as condições de exposição higrotérmicas corresponderam aos requisitos para conforto ótimo.

A partir das entrevistas foi possível concluir que durante o verão, a sala é agradável, apenas alguns dias são frios como na época de inverno. Os depoimentos permitiram confirmar a análise dos resultados quanto o conforto ótimo no ambiente da computação gráfica. Com a presença de vegetação sentiram que o ambiente ficou mais agradável, melhorou a acústica e o ar ficou mais puro.

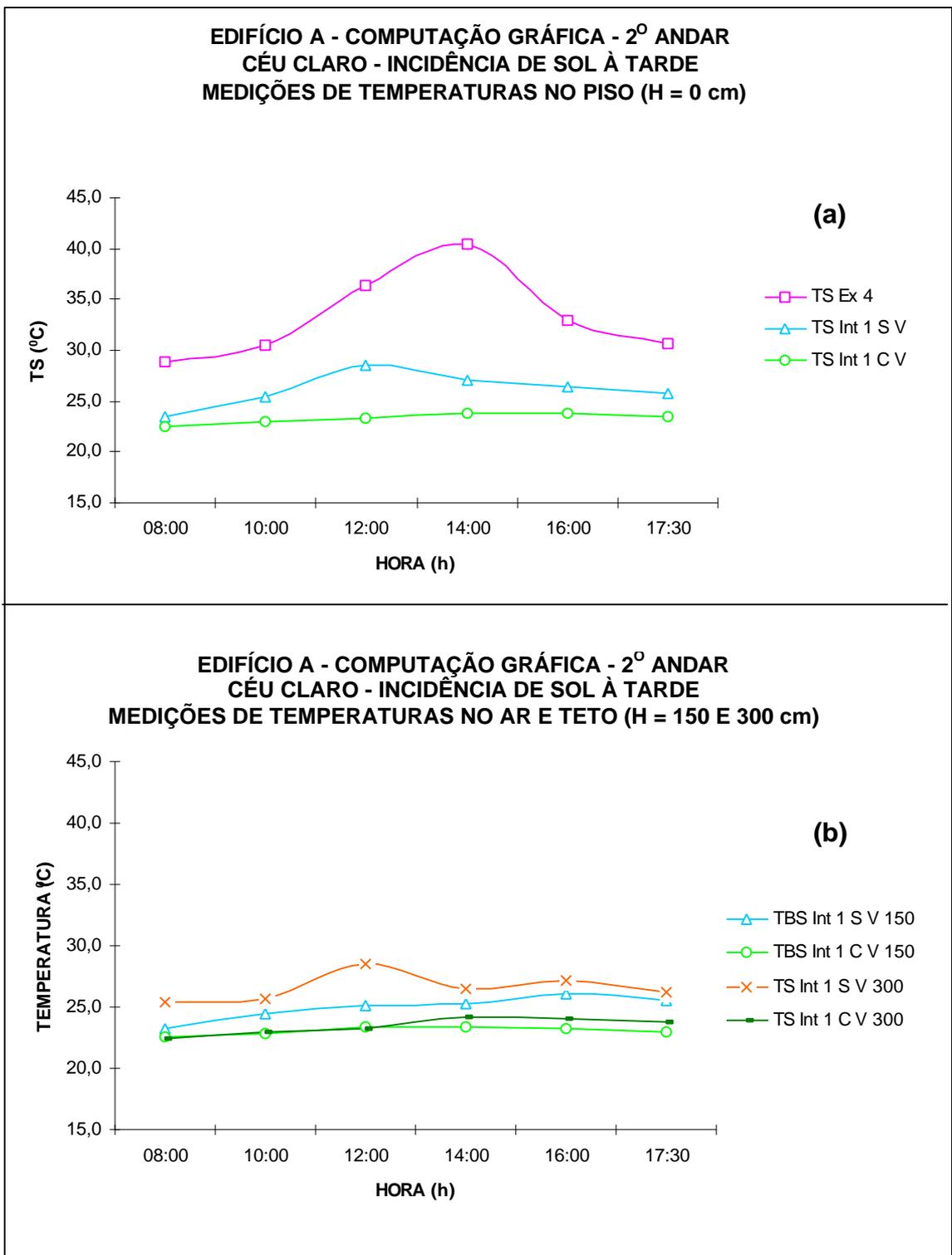


Figura 39 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

**EDIFÍCIO A - COMPUTAÇÃO GRÁFICA - 2º ANDAR
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H =150 cm)**

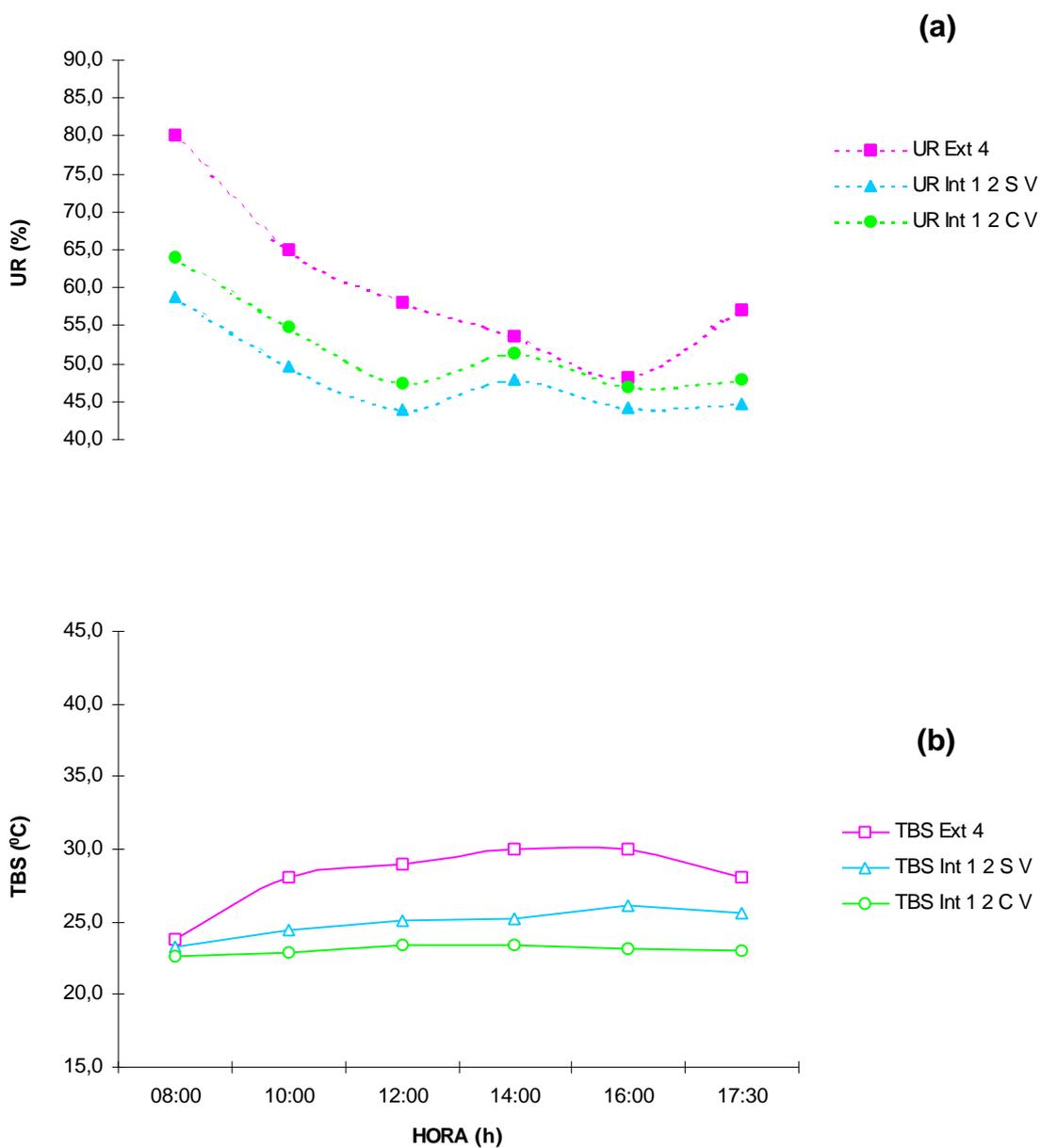


Figura 40 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar. em dias de céu claro.

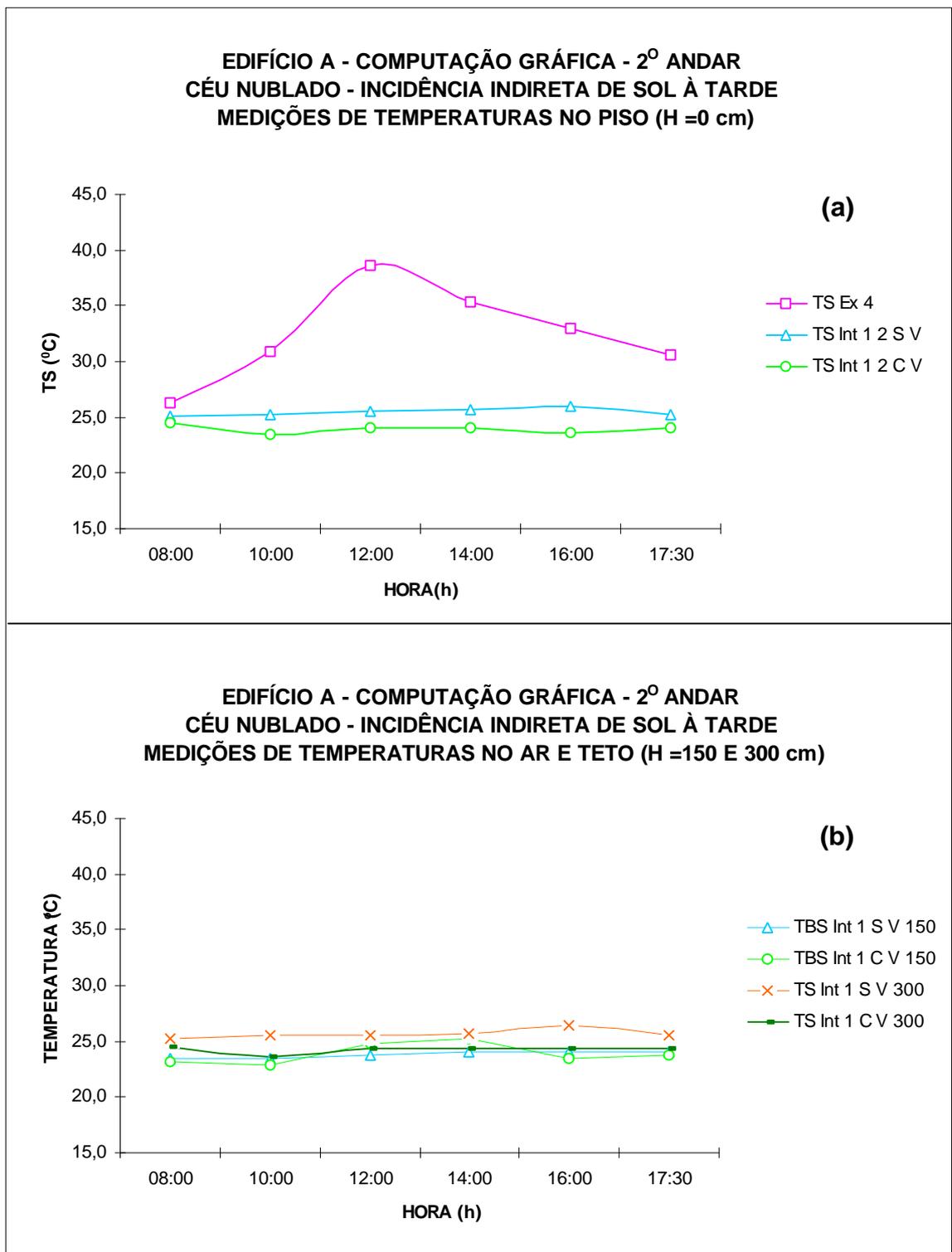


Figura 41 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado.

**EDIFÍCIO A - COMPUTAÇÃO GRÁFICA - 2º ANDAR
CÉU NUBLADO - INCIDÊNCIA INDIRETA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)**

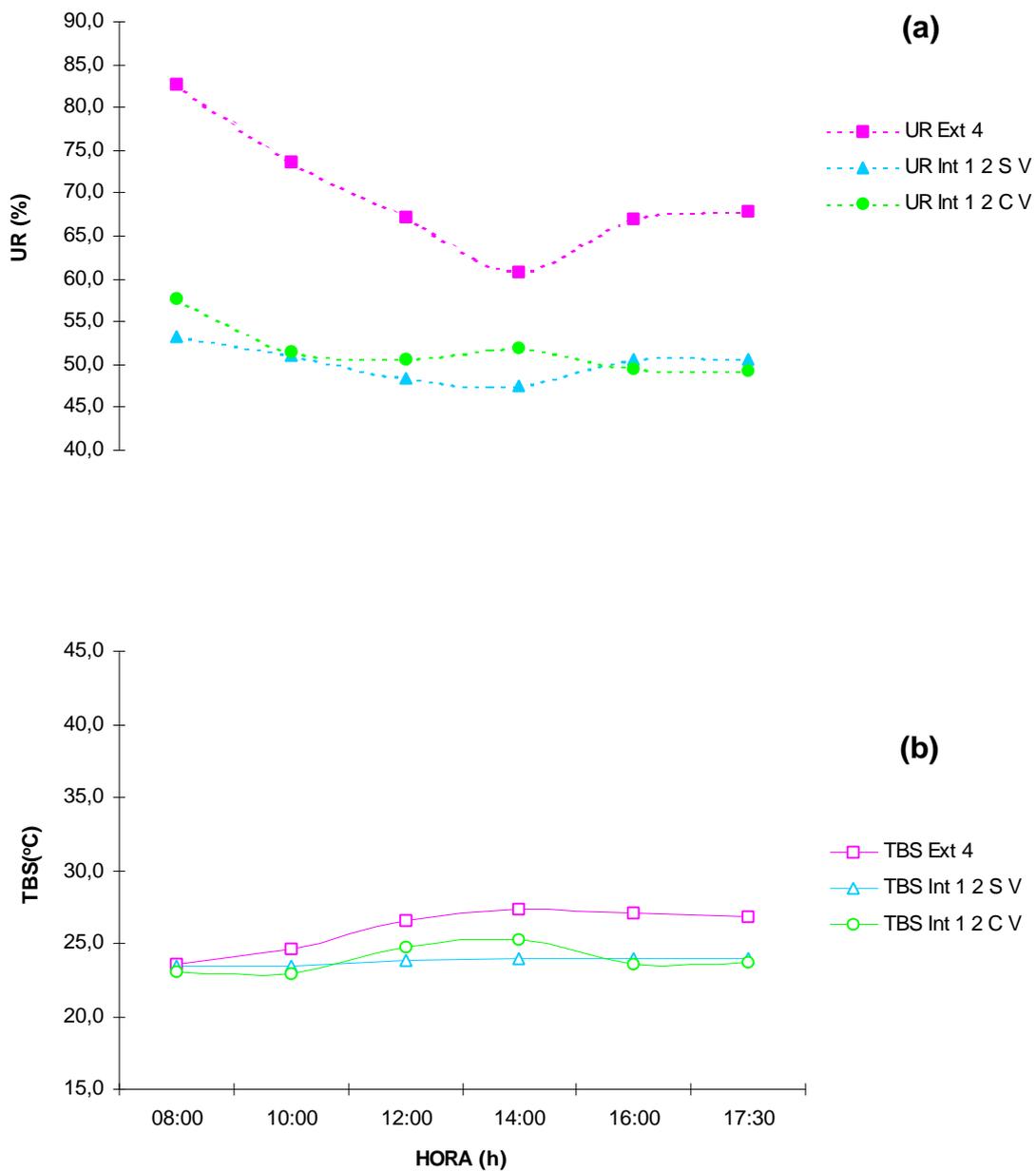


Figura 42 - Edifício A, computação gráfica. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

4.1.3. Sala 1 no 2º andar

Dos três ambientes com a mesma dimensão, a sala 1 no 2º andar (Figuras 43 a 45) recebe insolação apenas durante à tarde. Nesta sala mantêm-se porta e janelas abertas durante toda jornada de trabalho. As medições foram realizadas no ponto 1 dentro da sala (Figura 19 - planta baixa 2º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.



Figura 43 - Sala 1 original.



Figura 44 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa.



Figura 45 - Vista externa da Sala 1.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 46a) esteve durante todos os dias abaixo da temperatura

do piso na área externa, sendo de 13,3°C a maior diferença média verificada às 14h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 46b), devido à inércia térmica, ela foi até 0,8°C inferior à do ar às 14h e nos demais horários de medições foi até 1,2°C superior à do ar na sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 47a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 0,9°C inferior dentro da sala de 9h às 15h e até 2,7°C superior nos outros horários de medições. A umidade relativa do ar da sala esteve até 11,6% inferior à área externa às 8h.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala (Figura 48a) constatou-se que, ao longo dos dias, esteve inferior à temperatura do piso na área externa, sendo de 13,1°C a maior diferença média verificada às 12h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 48b), devido à inércia térmica, foi até 1,6°C superior à do ar às 10h.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 49a e b), verificou-se que a temperatura do ar na sala teve variações de 0,7°C menor às 10h em relação a área externa e 0,7°C maior à tarde. A umidade relativa do ar da sala esteve até 5,8% inferior à área externa às 8h.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura superficial do piso (Figura 46a) da sala de 2,2 a 3,8°C comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 8h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 46b), devido à inércia térmica, foi até 1,5°C inferior à do ar às 8h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 2,0 a 4,4°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 47a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 1,8 a 3,1°C menor com a presença de vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 19,8% superior às 17h30min.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura do piso (Figura 48a) de 1,5 a 2,3°C comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 16h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 48b), devido à inércia térmica, foi até 1,2°C inferior à do ar às 12h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 1,6 a 2,8°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 49a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 1,5°C menor com a colocação da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 12,9% superior às 10h.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala 1 no 2º andar

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala 1 foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 50 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 47 e 50, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 25,8 a 30,8 °C;
- a umidade relativa média variou de 49 a 69%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante que dificulta a entrada de ar. Para melhorar a sensação de conforto, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s,

para compensar os efeitos da alta temperatura. Os valores na Figura 47 são médias por horário; portanto, foram observadas algumas temperaturas do ar superiores a 30,8°C, casos em que, principalmente a partir de 31,5°C o ambiente já era considerado desconfortável para trabalhar.

Analisando-se as Figuras 47 e 50, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,0 a 28,0°C, diminuindo até 3,0°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 62 a 73%, aumentando até 20% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

A umidade acima de 65% proporcionada pela evapotranspiração das plantas e a alta temperatura do ar à tarde fez com que as condições de exposição higrotérmicas não correspondessem aos requisitos para conforto ótimo. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto pela manhã, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade, e assim proporcionar sensação de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 49 e 50, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,5 a 27,7°C;
- a umidade relativa média variou de 58 a 77%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante mal posicionada arquitetonicamente quanto às correntes térmicas. Assim, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade e temperatura, proporcionando sensação de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 49 e 50, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,0 a 27,0°C, diminuindo até 1,5°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 64 a 85%, aumentando até 13% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

A umidade acima de 65% proporcionada pela evapotranspiração das plantas e a alta temperatura à tarde são condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto ótimo. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade, e assim proporcionar sensação de conforto ótimo.

Com o paisagismo implantado nas salas 1, observou-se diminuição de temperatura do ar e das superfícies primeiro na sala 1, em seguida na 5 e por último na 6.

A partir das entrevistas, foi possível concluir que durante o verão a sala é muito quente, principalmente no período da tarde, fazendo com que as pessoas fiquem indispostas para trabalhar. Os depoimentos permitiram confirmar a análise dos resultados quanto à falta de conforto na sala. Com a presença de vegetação sentiram que o ambiente ficou mais agradável termicamente, tanto em dias de céu claro como nublado; isto contraria os resultados em dias de céu nublado, nos quais a sensação de conforto piorou com o aumento da umidade do ar proporcionada pelas plantas.

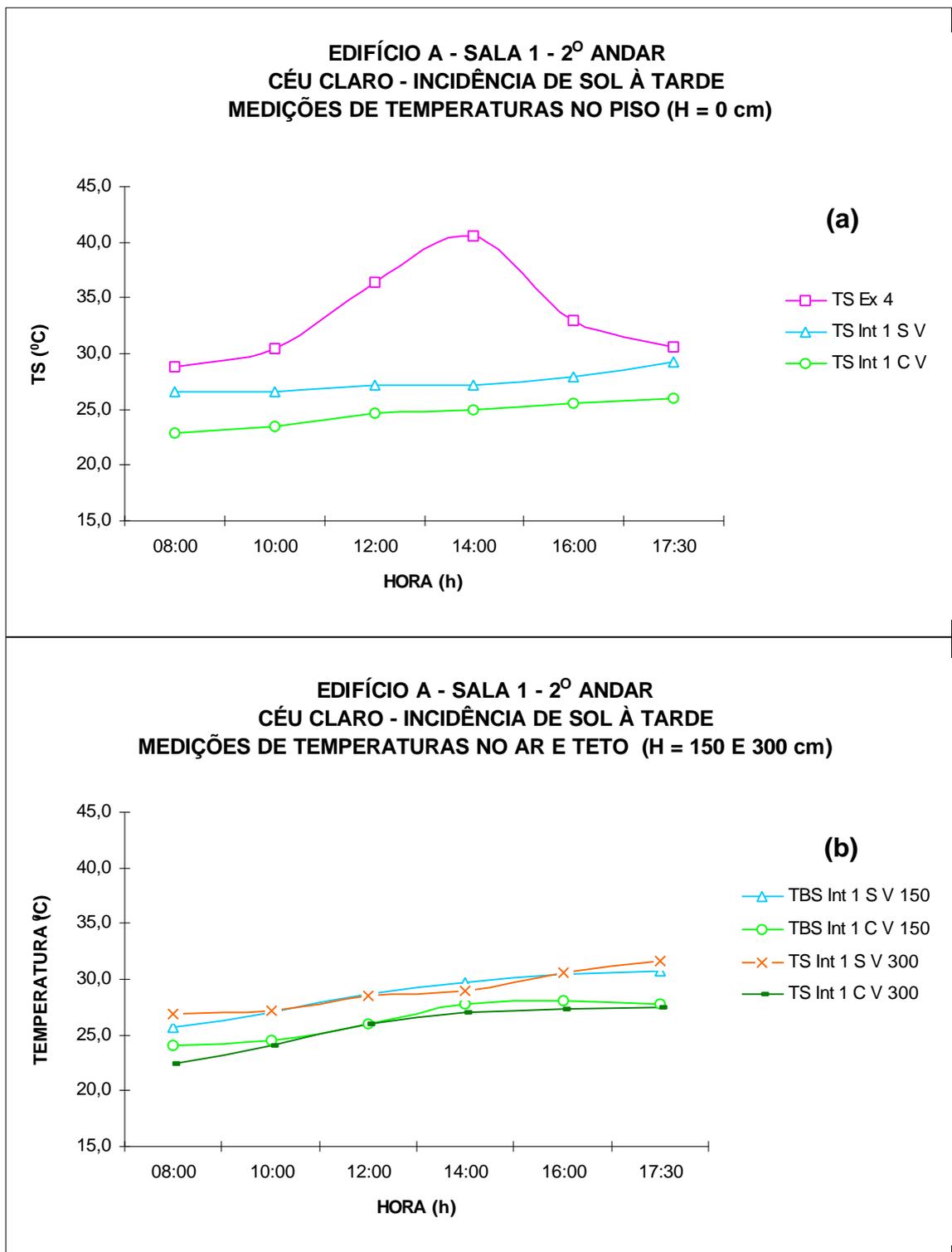


Figura 46 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

**EDIFÍCIO A - SALA 1 - 2º ANDAR
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)**

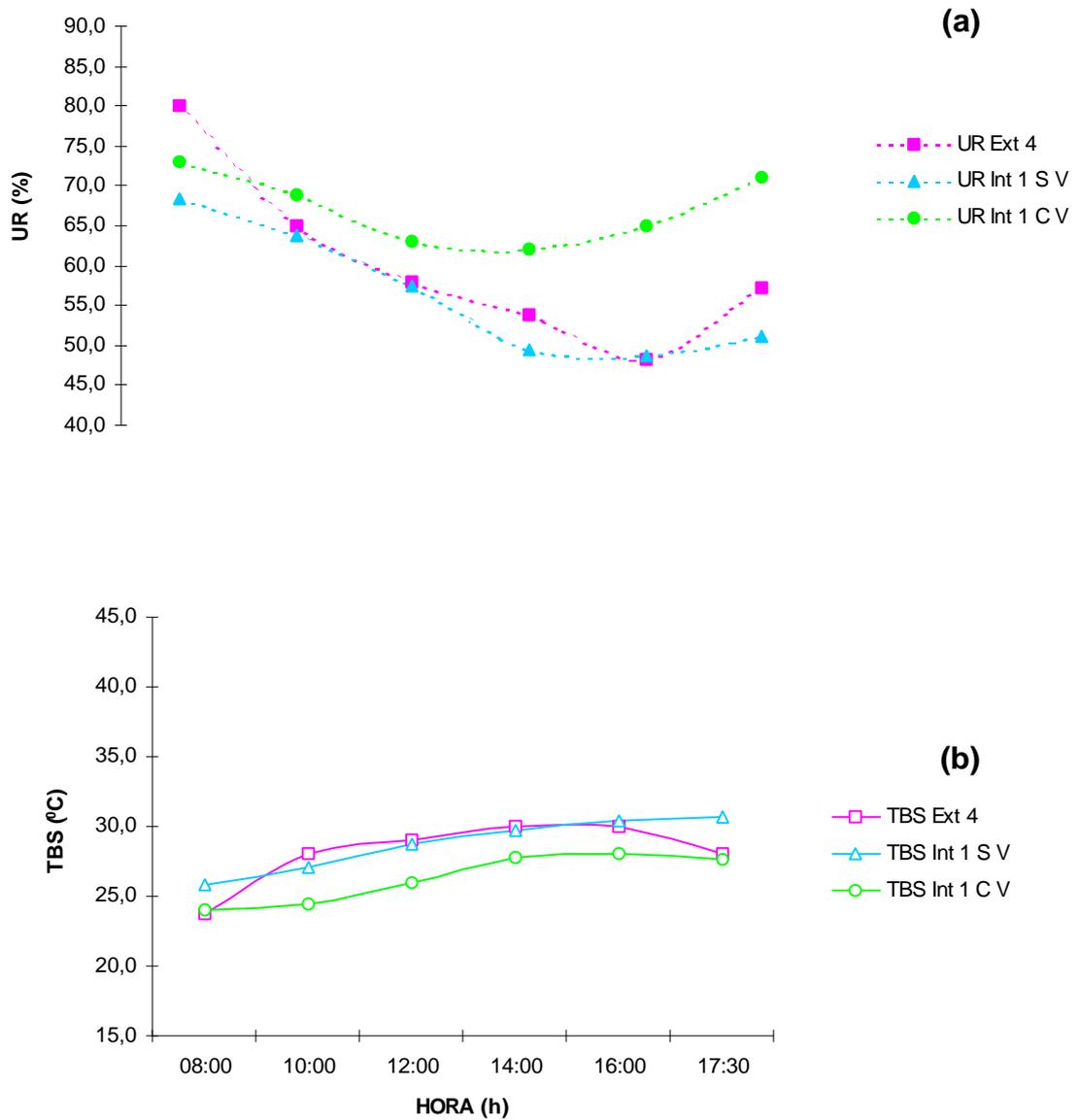


Figura 47 - Edifício A, sala 1 no 2º andar.. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro.

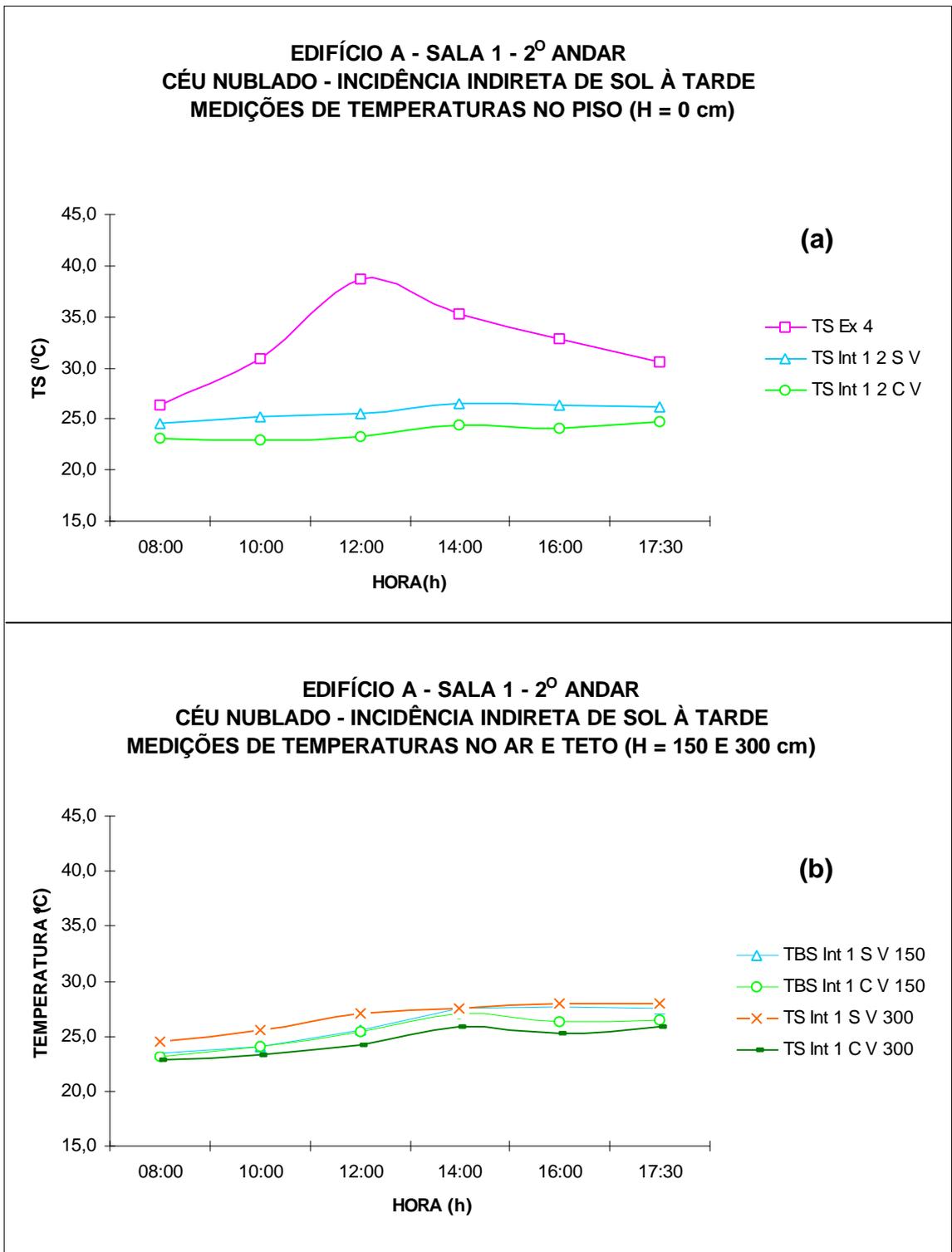


Figura 48 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado.

EDIFÍCIO A - SALA 1 - 2º ANDAR
CÉU NUBLADO - INCIDÊNCIA INDIRETA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H =150 cm)

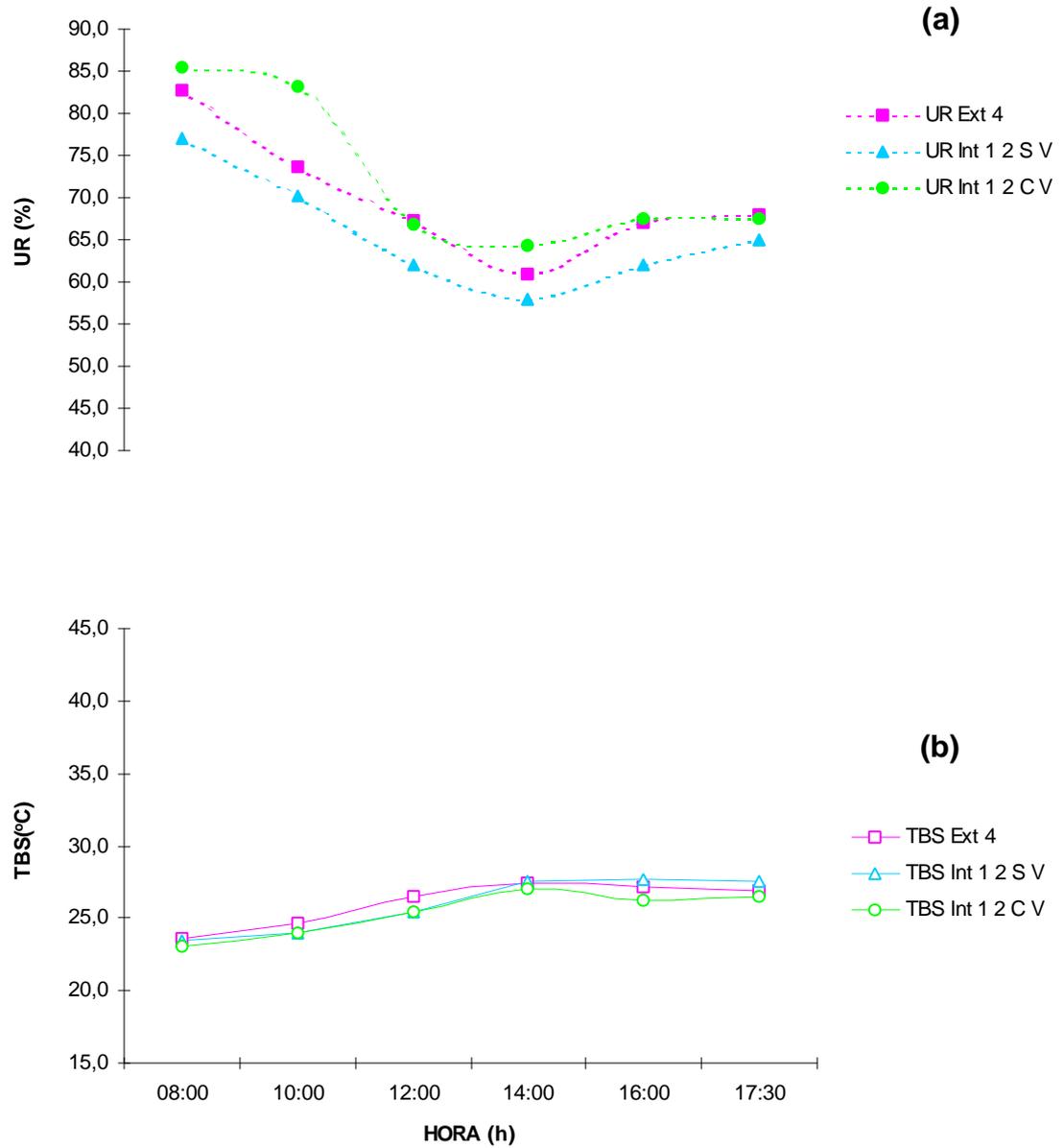


Figura 49 - Edifício A, sala 1 no 2º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

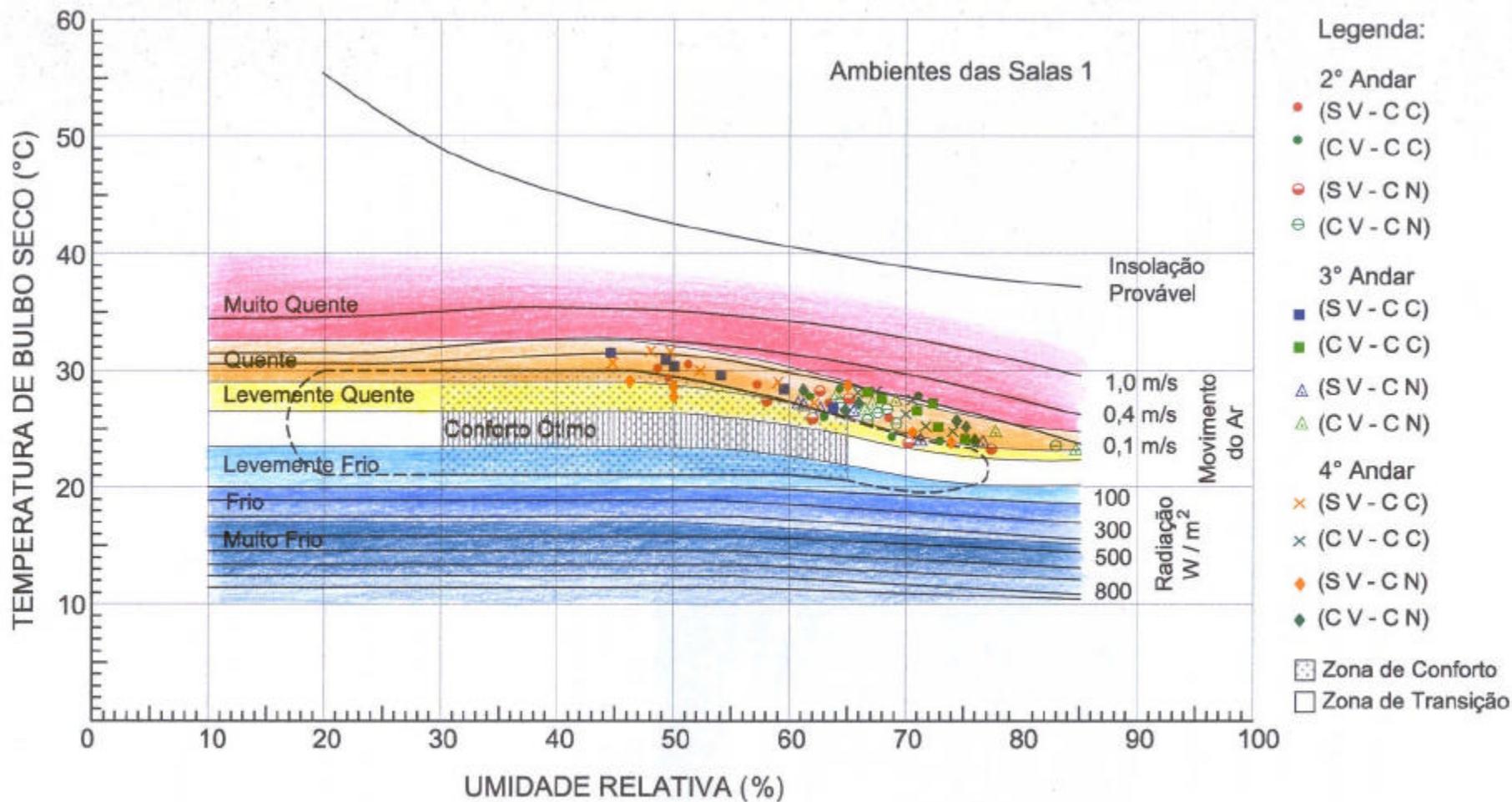


Figura 50 - Aplicação da carta bioclimática de Olgay no Edifício A (h=1,5m) para condições de verão, céu claro ou nublado no horário de 8h às 18h. Associado a um trabalho leve em escritório gerando 130-150 W e, pessoas com vestimentas de 1 "clo".

4.1.4. Sala 1 no 3º andar

Dos três ambientes com a mesma dimensão, a sala 1 no 3º andar (Figura 51 e 52) recebe insolação apenas durante à tarde. Nesta sala, mantêm-se porta e janelas abertas durante toda jornada de trabalho. As medições foram realizadas no ponto 1 dentro da sala (Figura 20 - planta baixa 3º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.



Figura 51 - Sala 1 original.



Figura 52 - Sala 1 com a presença de vegetação para realização da pesquisa.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 53a) esteve durante todos os dias abaixo da temperatura do piso na área externa, sendo de 11,7°C a maior diferença média verificada às 14h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 53b), devido à inércia térmica, ela foi até 1,4°C inferior à do ar às 16h e nos demais horários de medições foi até 0,9°C superior à do ar na sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 54a e b), verificou-se que a

temperatura do ar esteve até 2,9°C superior dentro da sala. A umidade relativa do ar da sala esteve em até 16,3% inferior à área externa às 8h.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala (Figura 55a) constatou-se que, ao longo dos dias, esteve inferior à temperatura do piso na área externa, sendo de 13,1°C a maior diferença média verificada às 12h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 55b), devido à inércia térmica, ela foi até 0,3°C superior à do ar de 12h às 14h e nos demais horários de medições foi até 1,7°C superior à do ar na sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 56a e b), verificou-se que a temperatura do ar na sala esteve até 0,7°C inferior às 10h. A umidade relativa do ar da sala esteve até 5,8% inferior à área externa às 8h e 16h.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura superficial do piso (Figura 53a) da sala de 3,9 a 5,8°C, comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 17h30min.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 53b), devido à inércia térmica, foi até 1,7°C inferior à do ar às 8h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 3,0 a 5,2°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 54a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 2,7 a 3,8°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 22,1% superior a partir das 16h.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura do piso (Figura 55a) de 1,3 a 1,9°C comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 17h30min.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 55b), devido à inércia térmica, foi até 1,7°C inferior à do ar às 12h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 0,9 a 1,9°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 56a e b), verificou-se que a temperatura do ar teve oscilações de 0,5°C a menos e também a mais na temperatura com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar estava até 8,4% superior às 8h.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala 1 no 3º andar

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala 1 foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 50 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 50 e 54, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 26,7 a 31,6°C;
- a umidade relativa média variou de 45 a 64%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante que dificulta a entrada de ar. Assim, para proporcionar sensação de conforto, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta temperatura. Os valores na Figura 54 são médias por horário; portanto, foram observadas algumas temperaturas do ar superiores a 31,6°C, casos em que, principalmente a partir de 31,5°C, o ambiente já era considerado desconfortável para trabalhar.

Analisando-se as Figuras 50 e 54, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,0 a 27,8°C, diminuindo até 4,0°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 67 a 75%, aumentando até 22% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

A umidade acima de 65% proporcionada pela evapotranspiração das plantas e a alta temperatura do ar à tarde fez com que as condições de exposição higrotérmicas não correspondessem aos requisitos para conforto ótimo. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto pela manhã, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade e temperatura, e assim proporcionar sensação de conforto.

Analisando-se as Figuras 50 e 55, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,5 a 27,0°C;
- a umidade relativa média variou de 61 a 77%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis ambientais medidas sob condição de céu nublado, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante mal posicionada arquitetonicamente quanto às correntes térmicas. Assim, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade e temperatura, proporcionando sensação de conforto.

Analisando-se as Figuras 50 e 55, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,1 a 27,2°C, diminuindo até 1,0°C com a vegetação;

- a umidade relativa média variou de 65 a 85%, aumentando até 8,4% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

A umidade acima de 65% proporcionada pela evapotranspiração das plantas e a alta temperatura à tarde fez com que as condições de exposição higrotérmicas não correspondessem aos requisitos para conforto. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade, e assim proporcionar sensação de conforto ótimo.

Um fato que merece destaque, é que na sala 1 do 3º andar, localizada na mesma prumada das salas 1 do 2º e 4º andar, optou-se por colocar mais vegetação obtendo-se uma redução de mais 1°C em relação as outras salas. Nesta sala, a concentração de vegetação foi em torno de 43%; 30% a mais de vegetação implicou em um ganho de aproximadamente 1°C na temperatura do ar e na superfície do piso. Sendo inviável a colocação de 43% de verde dentro de uma sala de trabalho, esse experimento visou simular uma cobertura verde pouco ventilada. Como a sala é envidraçada, as pessoas puderam apreciar a vegetação.

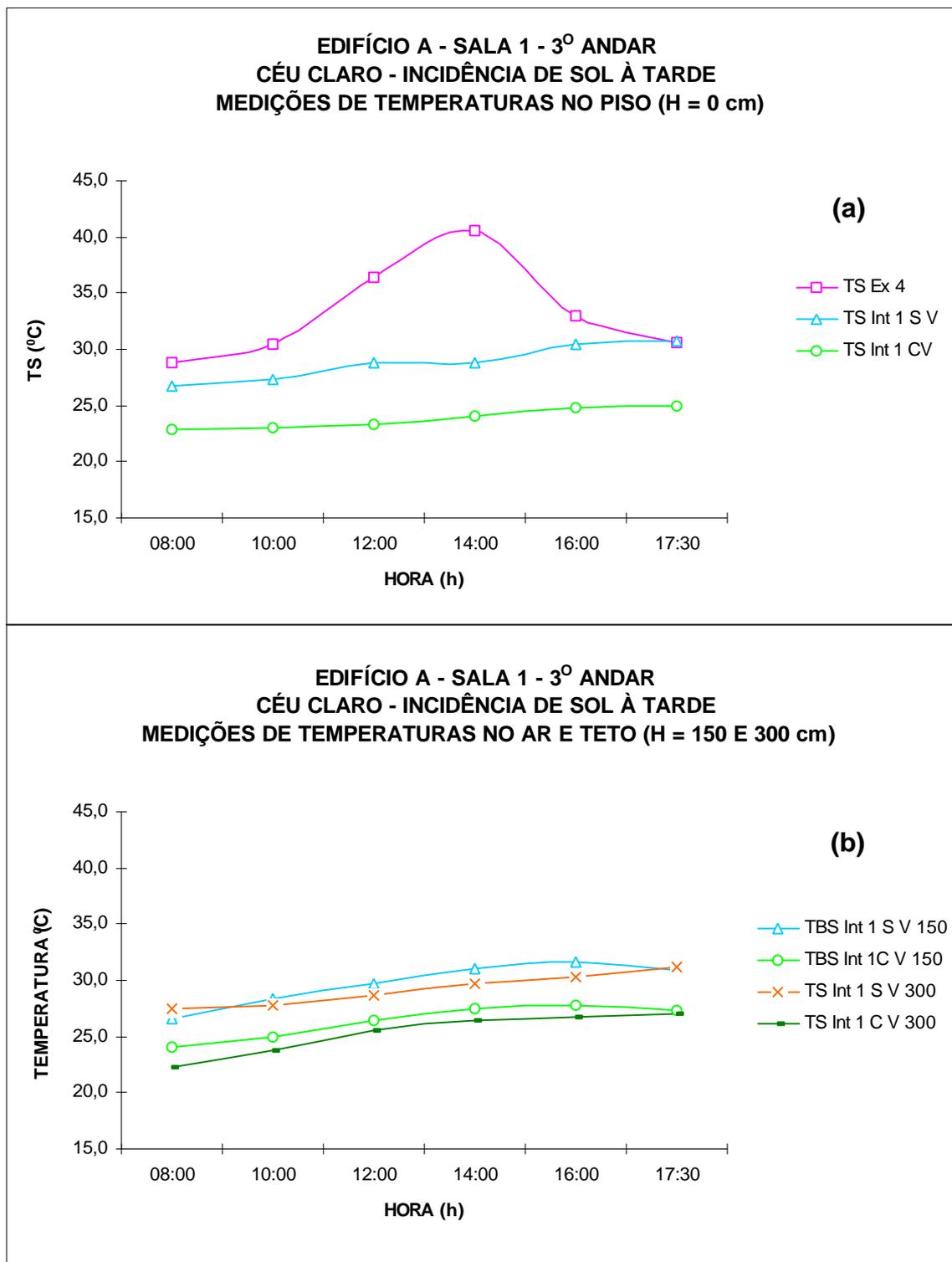


Figura 53 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

EDIFÍCIO A - SALA 1 - 3º ANDAR
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)

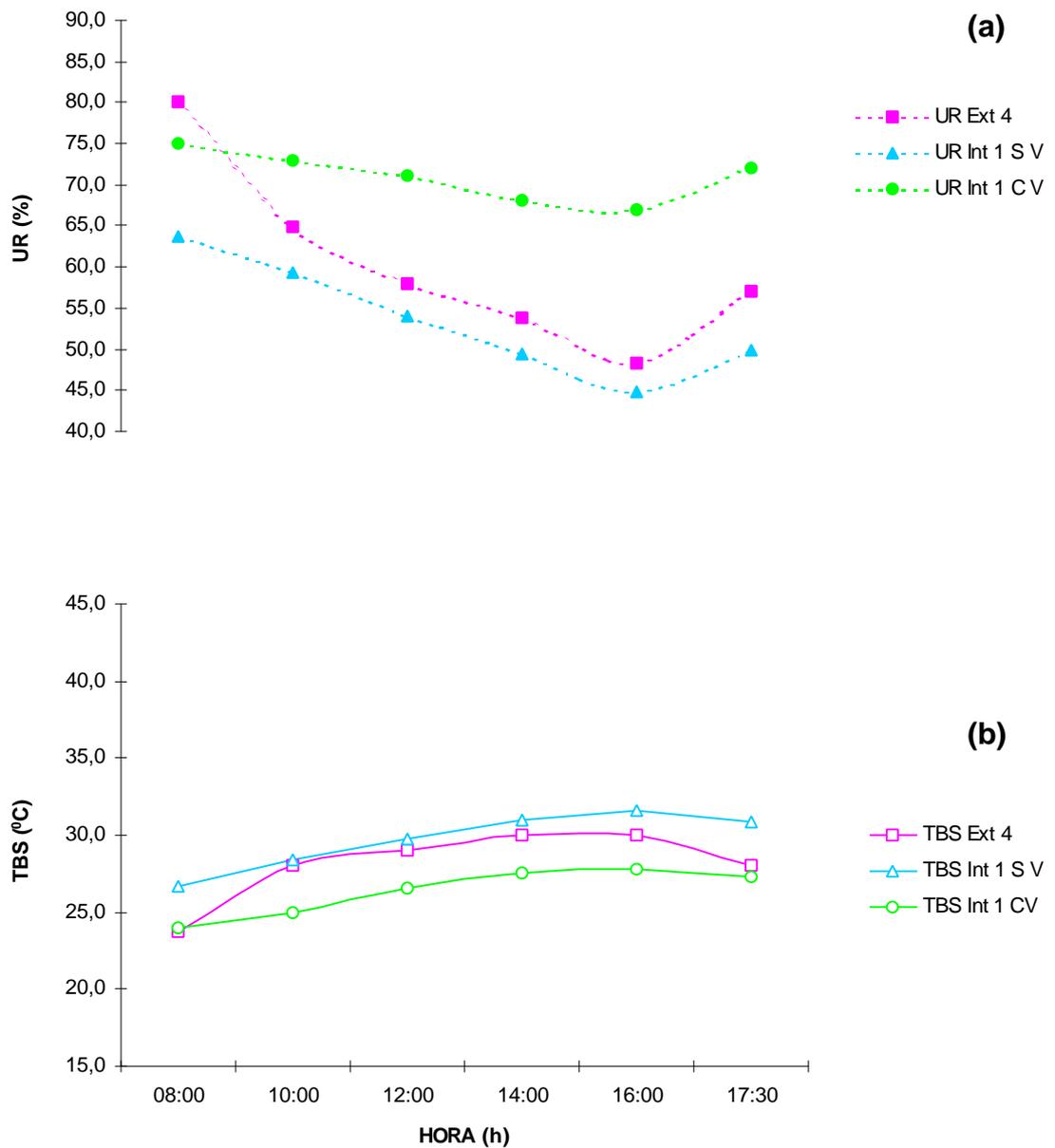


Figura 54 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro.

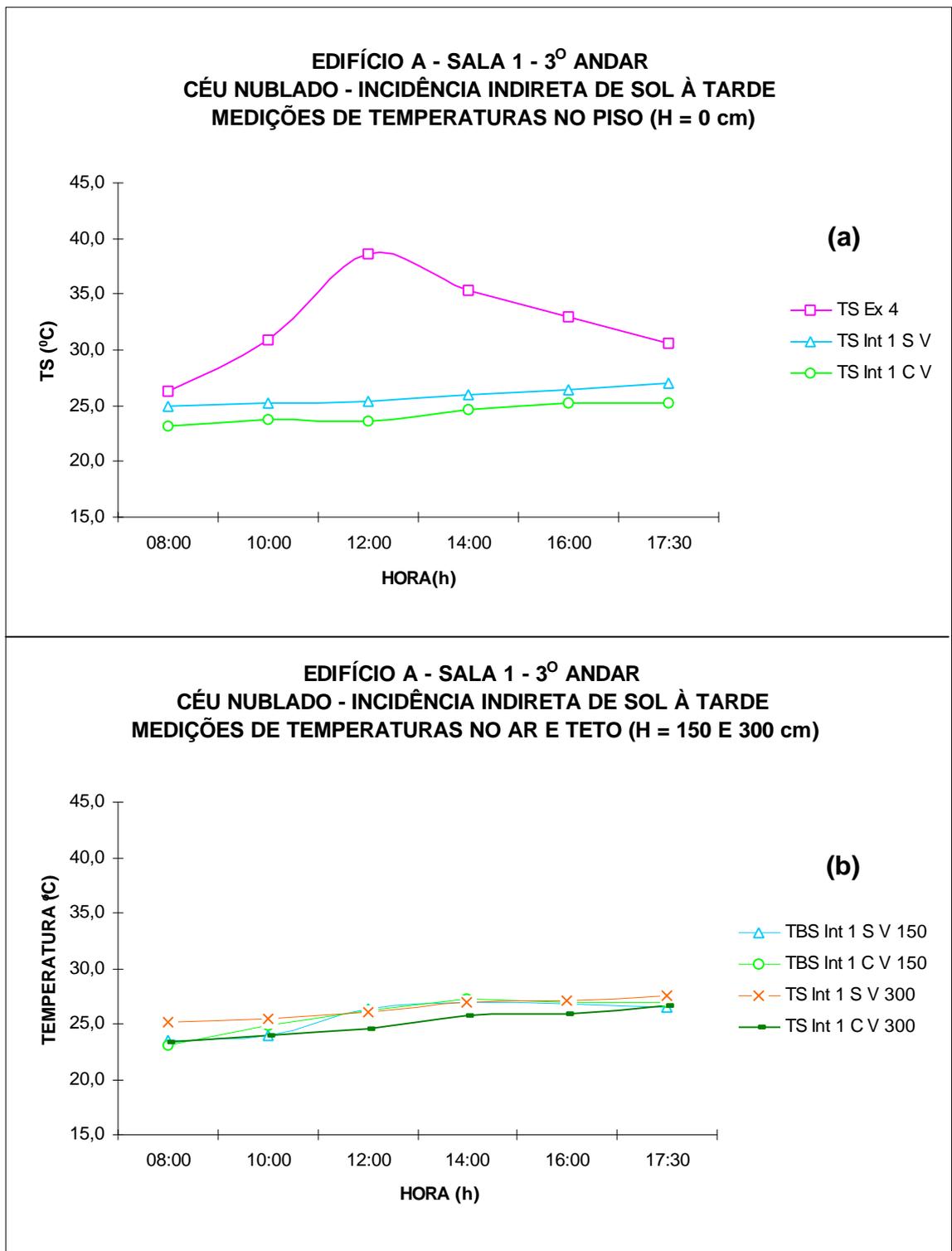


Figura 55 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado.

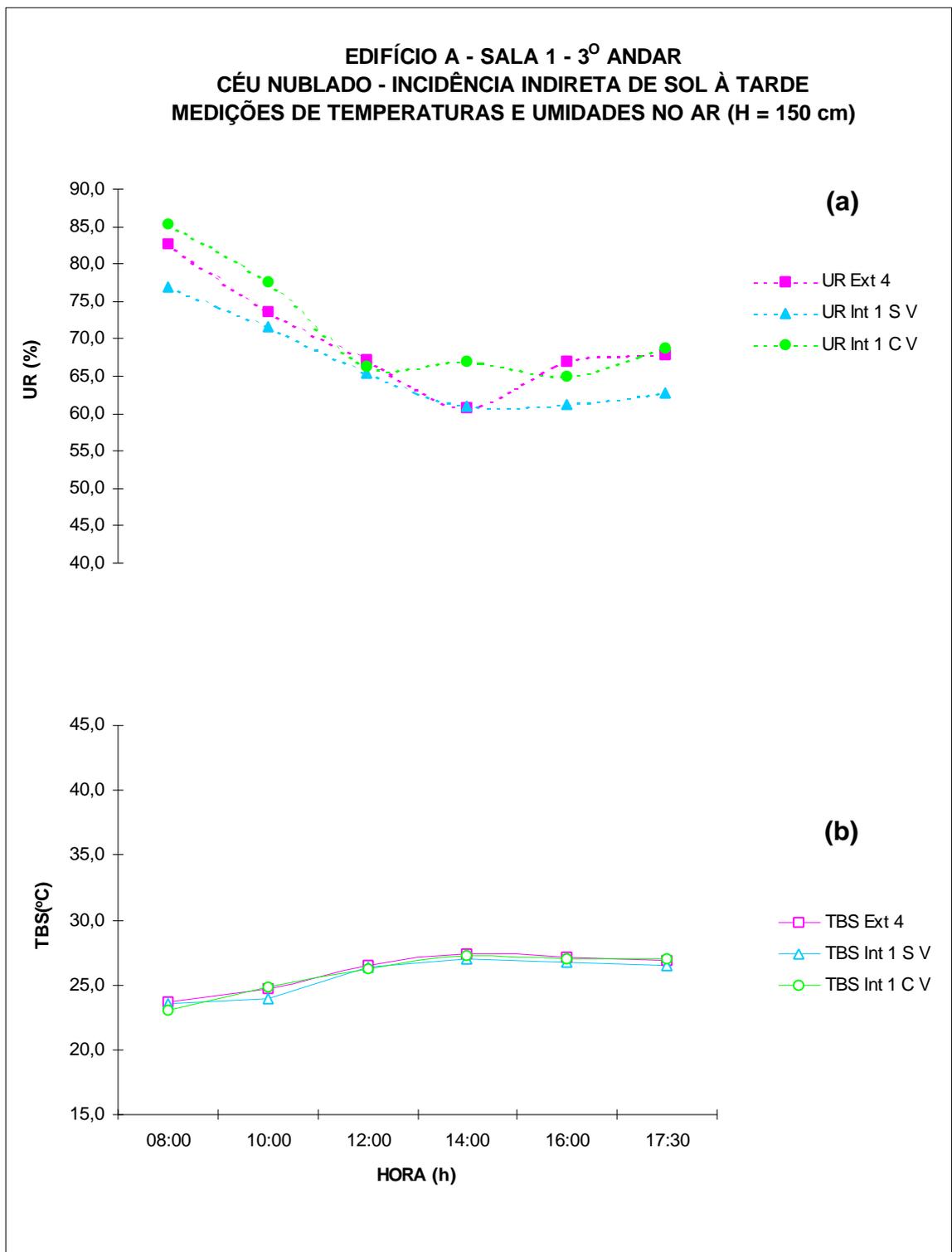


Figura 56 - Edifício A, sala 1 no 3º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

4.1.5. Sala 1 no 4º andar

Dos três ambientes com a mesma dimensão, a sala 1 no 4º andar (Figuras 57 a 59) recebe insolação apenas durante à tarde. Nesta sala, mantêm-se porta e janelas abertas durante toda jornada de trabalho. As medições foram realizadas no ponto 1 dentro da sala (Figura 20 - planta baixa 4º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.



Figura 57 - Sala 1 original.



Figura 58 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa.



Figura 59 - Vista externa da sala 1.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 60a) esteve durante todos os dias abaixo da temperatura

do piso na área externa, sendo de 10,5°C a maior diferença média verificada às 14h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 60b), devido à inércia térmica, foi até 1,5°C superior à do ar às 16h.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 61a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 3,8°C superior dentro da sala. A umidade relativa do ar da sala estava em até 18,0% inferior à área externa às 8h.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala (Figura 62a), constatou-se que, ao longo dos dias, esteve inferior à temperatura do piso na área externa, sendo de 12,6°C a maior diferença média verificada às 12h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 62b), devido à inércia térmica, foi até 3,2°C superior à do ar às 17h30min.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 63 a e b), verificou-se que a temperatura do ar na sala esteve até 6,7°C superior à área externa. A umidade relativa do ar da sala esteve até 21,0% inferior à área externa às 16h.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 60a) foi, ao longo dos dias, abaixo da temperatura do piso na área externa, sendo de 4,8°C a maior diferença média verificada às 16h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 60b), devido à inércia térmica, foi até 1,0°C inferior à do ar às 8h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 4,0 a 6,4°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 61 a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 3,0 a 4,8°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 21,5% superior às 17h30min.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso dentro da sala,

constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura do piso (Figura 62a) de 0,5 a 2,0°C, comparado com dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 16h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 62b), devido à inércia térmica, oscilou ao longo dos dias, de 0,5°C inferior à do ar às 8h até 0,6°C superior às 16h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 0,3 a 3,7°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 63a e b), verificou-se que a temperatura do ar aumentou até 6,0°C a partir das 14h com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar estava até 18,7% superior às 16h.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala 1 no 4º andar

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala 1 foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 50 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 50 e 61, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 27,5 a 32,8°C;
- a umidade relativa média variou de 45 a 62%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis ambientais medidas sob condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação, quente, portanto sem condição de conforto. Assim, para proporcionar sensação de conforto, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta temperatura. Os valores na Figura 61 são médias por horário; portanto, foram observadas algumas temperaturas do ar superiores a 32,8°C, casos em que,

principalmente a partir de 31,5°C, o ambiente já era considerado desconfortável para trabalhar.

Analisando-se as Figuras 50 e 61, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,5 a 28,0°C, diminuindo até 5,0°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 66 a 74%, aumentando até 22% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

A umidade acima de 65% proporcionada pela evapotranspiração das plantas e a alta temperatura do ar à tarde fez com que as condições de exposição higrotérmicas não correspondessem aos requisitos para conforto ótimo. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto pela manhã, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar a alta umidade e temperatura, e assim proporcionar sensação de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 50 e 63, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,0 a 29,0°C;
- a umidade relativa média variou de 46 a 74%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve de 0,4 a 1,0m/s.

Conjugando-se as variáveis ambientais medidas sob condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob ventilação cruzada permanente, de conforto ótimo.

Analisando-se as Figuras 50 e 63, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,0 a 28,0°C, diminuindo até 2,0°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 61 a 76%, aumentando até 18% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve de 0,5 a 1,0 m/s.

A umidade acima de 65% proporcionada pela evapotranspiração das plantas e pela garoa e ainda, pela alta temperatura à tarde são condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto. Mas conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que a ventilação cruzada no ambiente proporcionou sensações térmicas de conforto.

A partir das entrevistas, foi possível concluir que durante o verão a sala é muito quente durante quase todo dia, fazendo com que as pessoas fiquem indispostas para trabalhar ou até prefira trabalhar em casa. O depoimento permite confirmar a análise dos resultados quanto à falta de conforto na sala. Com a presença de vegetação sentiram que o ambiente ficou mais agradável termicamente. Em dias de céu nublado a sensação de conforto não piorou devido à umidade, porque ocorreu ventilação cruzada na sala.

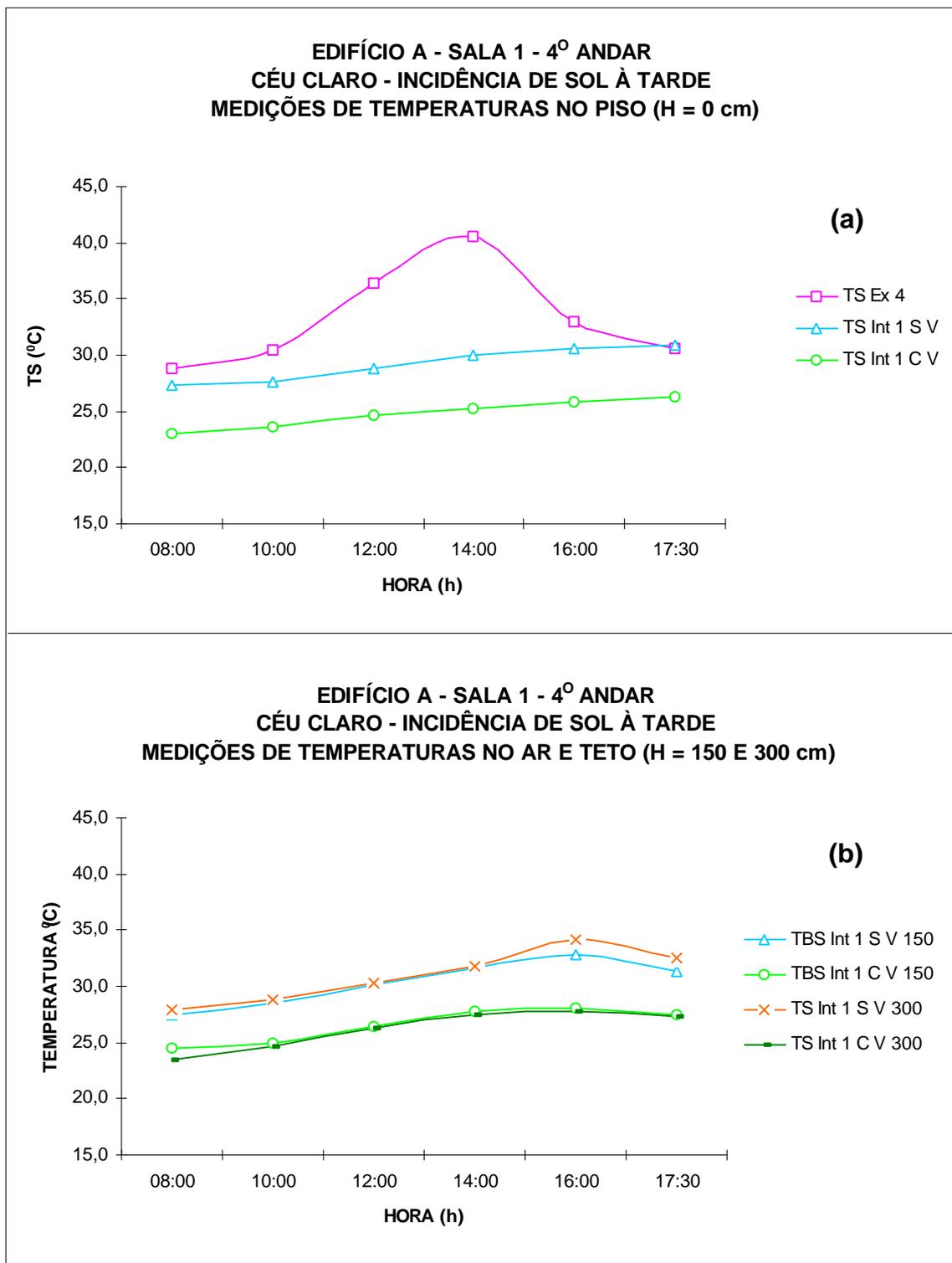


Figura 60 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

EDIFÍCIO A - SALA 1 - 4º ANDAR
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)

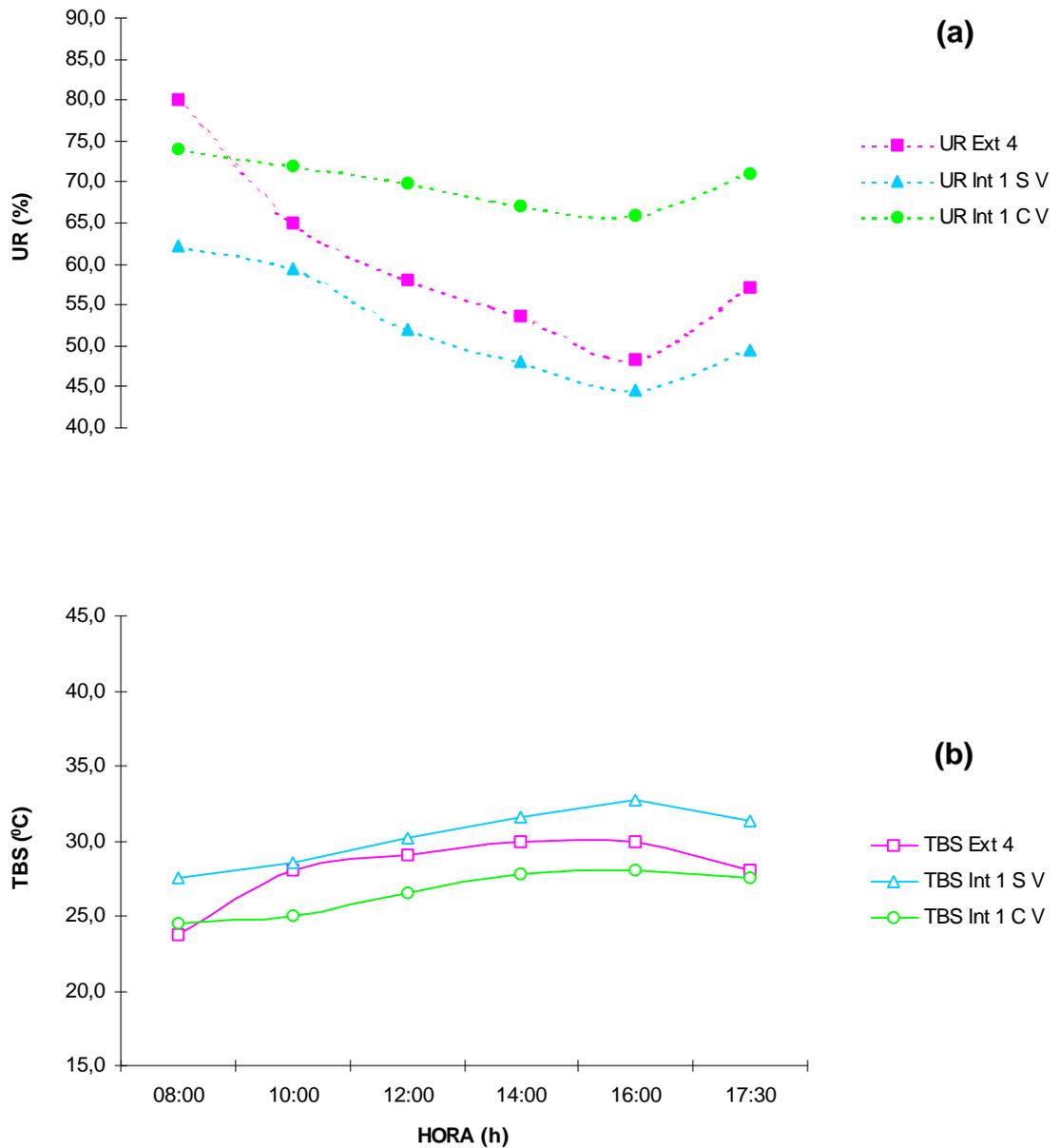


Figura 61 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro.

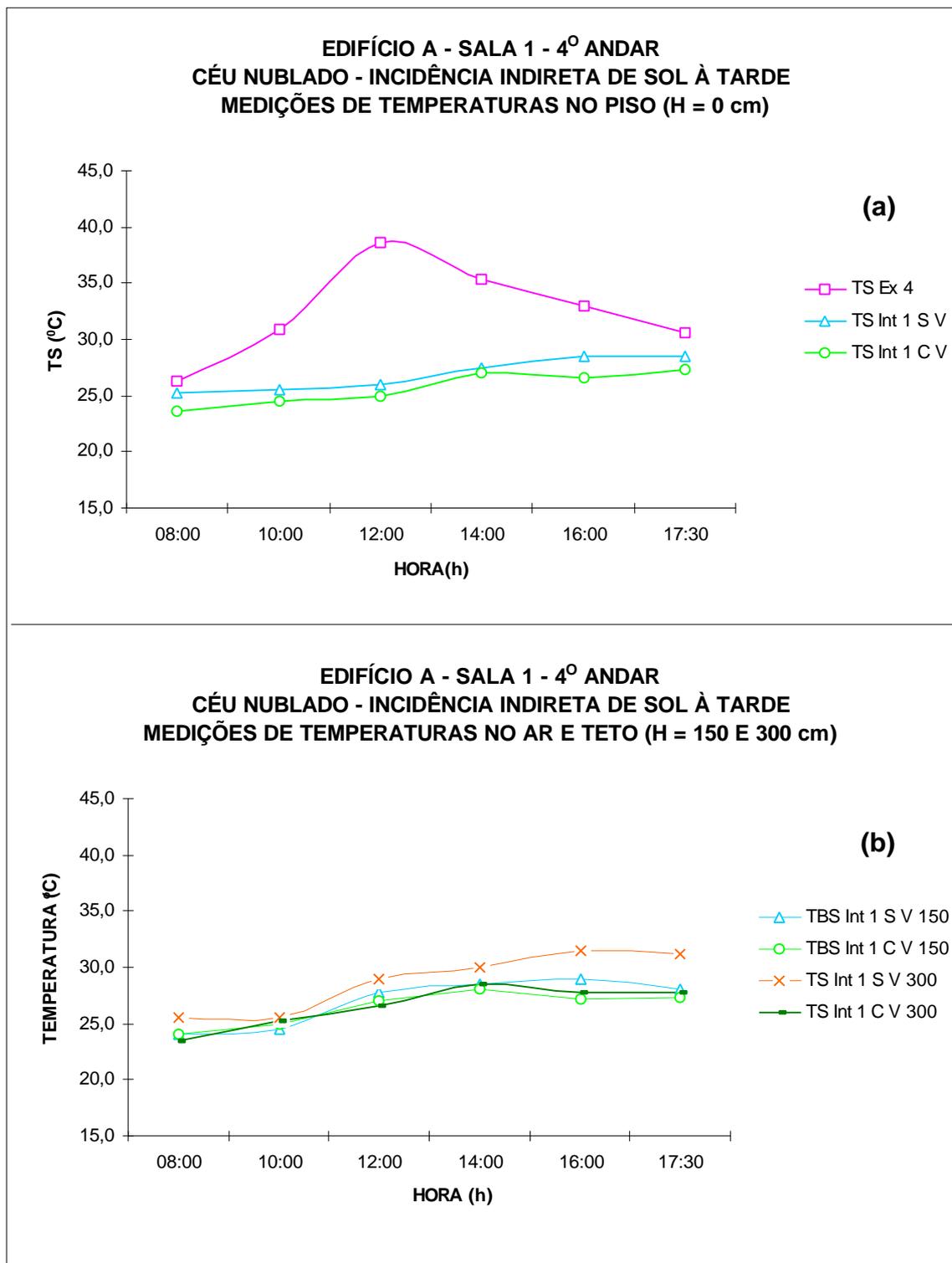


Figura 62 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado.

EDIFÍCIO A - SALA 1 - 4º ANDAR
CÉU NUBLADO - INCIDÊNCIA INDIRETA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)

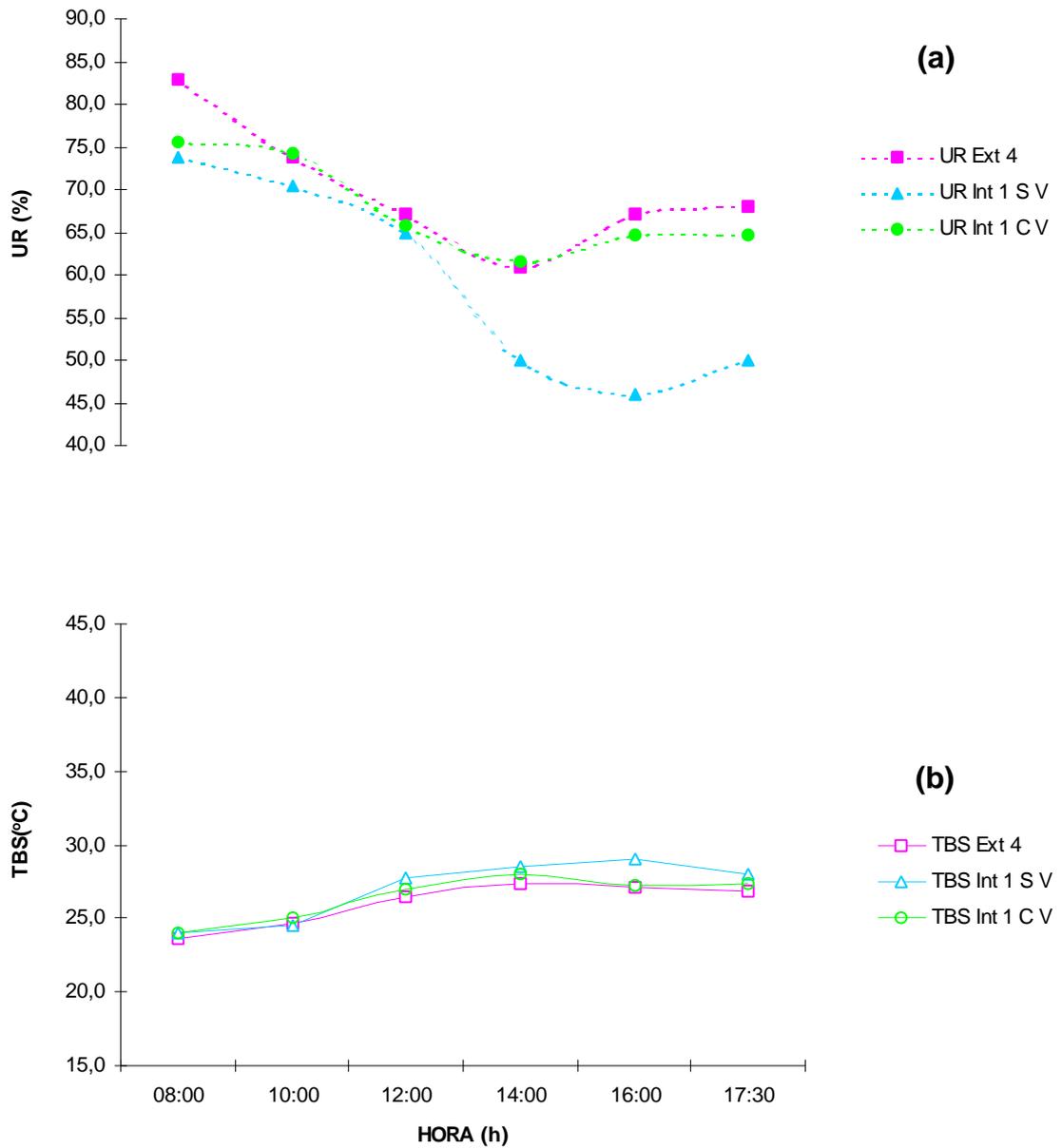


Figura 63 - Edifício A, sala 1 no 4º andar. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

4.2. Edifício B

A área externa no edifício B recebeu insolação a partir de 12h, diferentemente do edifício A que recebeu insolação até às 16h30min.

4.2.1. Sala de Cursos *On-Line*

Dos ambientes investigados no edifício B, apenas a sala de cursos (Figuras 64 e 65) recebia insolação durante a parte da manhã. Nesta sala mantêm-se, porta e janelas abertas durante toda jornada de trabalho. As medições foram realizadas nos pontos 1 e 2 dentro da sala (Figura 22 - planta baixa 2º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.

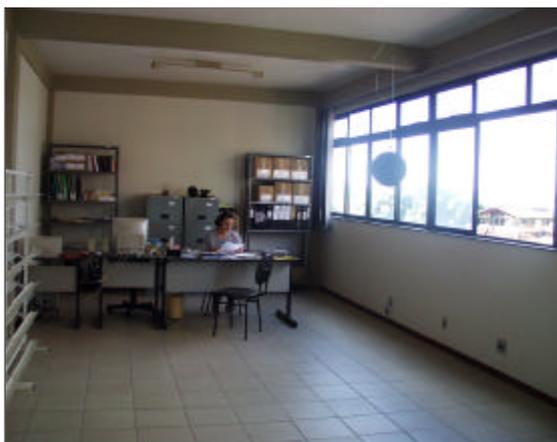


Figura 64 - Sala de cursos original.



Figura 65 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 66a) foi, ao longo da manhã, até 1,0°C superior à temperatura do piso da área externa sombreada e à tarde, com o piso externo insulado esteve até 11,1°C inferior (valor médio às 16h).

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 66b), devido à inércia térmica, ela foi até 2,0°C superior à do ar até 10h; nos demais horários de medições foi até 1°C inferior à do ar na sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 67a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 2,8°C inferior dentro da sala às 16h. A umidade relativa do ar da sala, no início das medições (8h), era 4,8% menor que a externa; igualaram-se aproximadamente às 11horas e foi superior, em média 4,9%, entre 14 e 15h.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. A temperatura superficial do piso na sala (Figura 68a) apresentou, em todos os dias, temperaturas superiores à do piso na área externa, sendo de 2,7°C a maior diferença média verificada às 8h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 68b), devido à inércia térmica, ela foi inferior ao ar de 10h às 13h; nos demais horários de medições foi até 2,4°C superior ao ar da sala.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 69a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 3,7°C superior à externa às 8h. A umidade relativa do ar da sala esteve até 25,8% inferior à externa às 17h30min.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura superficial do piso da sala (Figura 66a) de 2,4 a 6,1°C, comparado em dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 16h.

Quanto a temperatura superficial do teto (Figura 66b), devido à sua inércia térmica, ela foi até 1,6°C inferior ao ar às 16h. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 4,6 a 6,0°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 67a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 2,9 a 5,5°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 18,1% superior às 17h30min.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala, observou-se que a vegetação reduziu a temperatura do piso (Figura 68a) de

1,7 a 2,5°C comparado a dias sem vegetação, sendo a maior diferença média verificada às 14h.

Quanto a temperatura superficial do teto (Figura 68b), ela foi até 1,6°C inferior ao ar às 17h30min. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 2,5 a 2,8°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 69a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 1,9 a 3,8°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 21,9% superior às 14h comparado a dias sem vegetação. Um fato que merece menção, é que no dia de medições com céu nublado, na área externa, a elevação da umidade se deu basicamente à ocorrência de garoa de 12h às 14h no dia de medição com céu nublado.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala de cursos *on-line*

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala de cursos on-line foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 70 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 67 e 70, referentes a céu claro, com incidência de sol pela manhã e sem vegetação, observou-se que de 8h às 17h30min:

- a temperatura média do ar variou de 28,5 a 30,9 °C;
- a umidade relativa média variou de 47 a 70%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar oscilou de 0,5 a 1,5 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob ventilação cruzada permanente, de conforto. Os valores na Figura 67 são

médias por horário; portanto, foram observadas algumas temperaturas do ar superiores a 30,9°C, casos em que, principalmente a partir de 31,5°C o ambiente já era considerado desconfortável para trabalhar.

Analisando-se as Figuras 67 e 70, referentes a céu claro, com incidência de sol pela manhã e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,6 a 26,3°C, diminuindo até 5,5°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 59 a 73%, aumentando até 18% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar oscilou de 0,4 a 1,0 m/s.

Se por um lado, a umidade relativa acima de 65% (devida à evapotranspiração das plantas e à umidade local) induz pensar em condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto, por outro lado, quando se conjugam as variáveis ambientais medidas sob a condição de céu claro, pode-se dizer que a existência de ventilação cruzada no ambiente permitiu obter sensações térmicas de conforto.

Analisando-se as Figuras 69 e 70, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol pela manhã e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,0 a 27,0°C;
- a umidade relativa média variou de 60% a 71%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,5 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que a existência de ventilação cruzada no ambiente permitiu obter sensações térmicas de conforto.

Analisando-se as Figuras 69 e 70, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol pela manhã e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 22,0 a 24,0°C, diminuindo até 3,8°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 74% a 83%, aumentando até 22% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar oscilou de 0,3 a 0,7 m/s.

Se por um lado, a umidade relativa acima de 65% (devida à evapotranspiração das plantas e à garoa) induz pensar em condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto; por outro lado, a temperatura variando na faixa de conforto ótimo e existindo ventilação cruzada no ambiente, havia sensações térmicas de conforto.

A partir das entrevistas, foi possível concluir que durante o verão a sala apresenta, na maioria das vezes, confortável devido s presença permanente de circulação cruzada. Os depoimentos permitiram confirmar a análise dos resultados quanto ao conforto na recepção. Com a presença de vegetação, sentiram que a sensação de conforto aumentou; gostando de trabalhar próximos à natureza, tendo a sala ficado mais aconchegante.

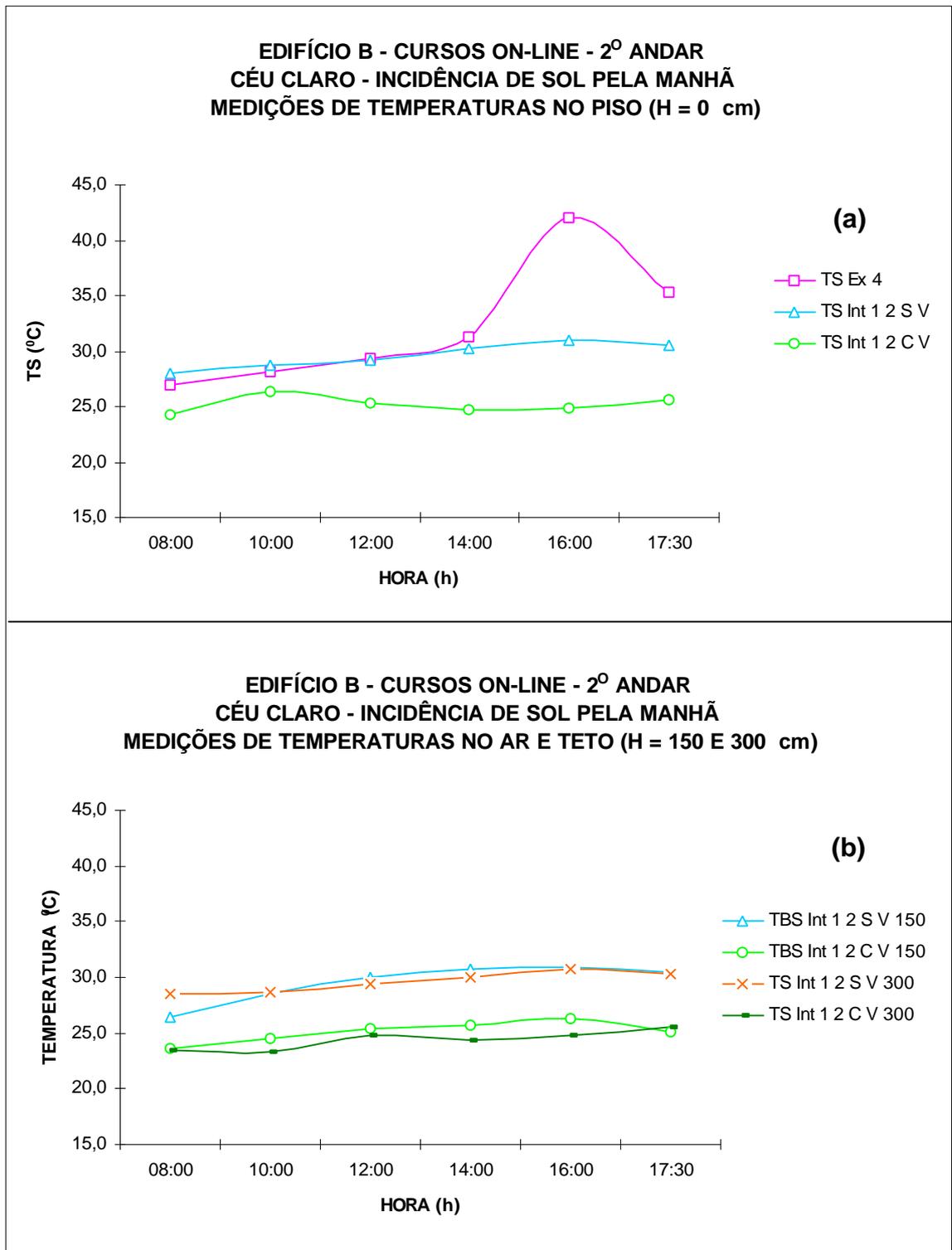


Figura 66 - Edifício B, cursos *on-line*. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

**EDIFÍCIO B - CURSOS ON-LINE - 2º ANDAR
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL PELA MANHÃ
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)**

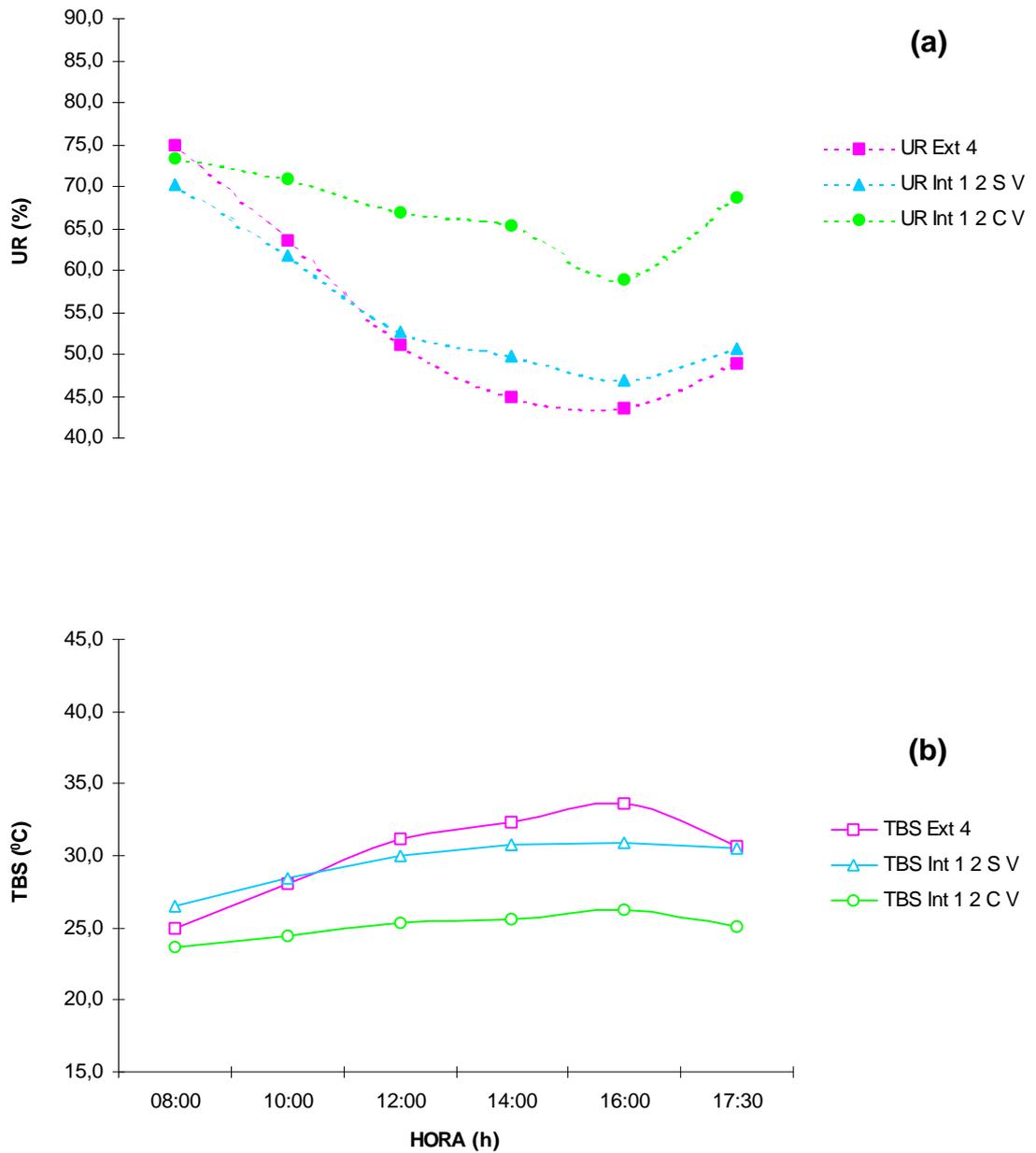


Figura 67 - Edifício B, cursos *on-line*. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro.

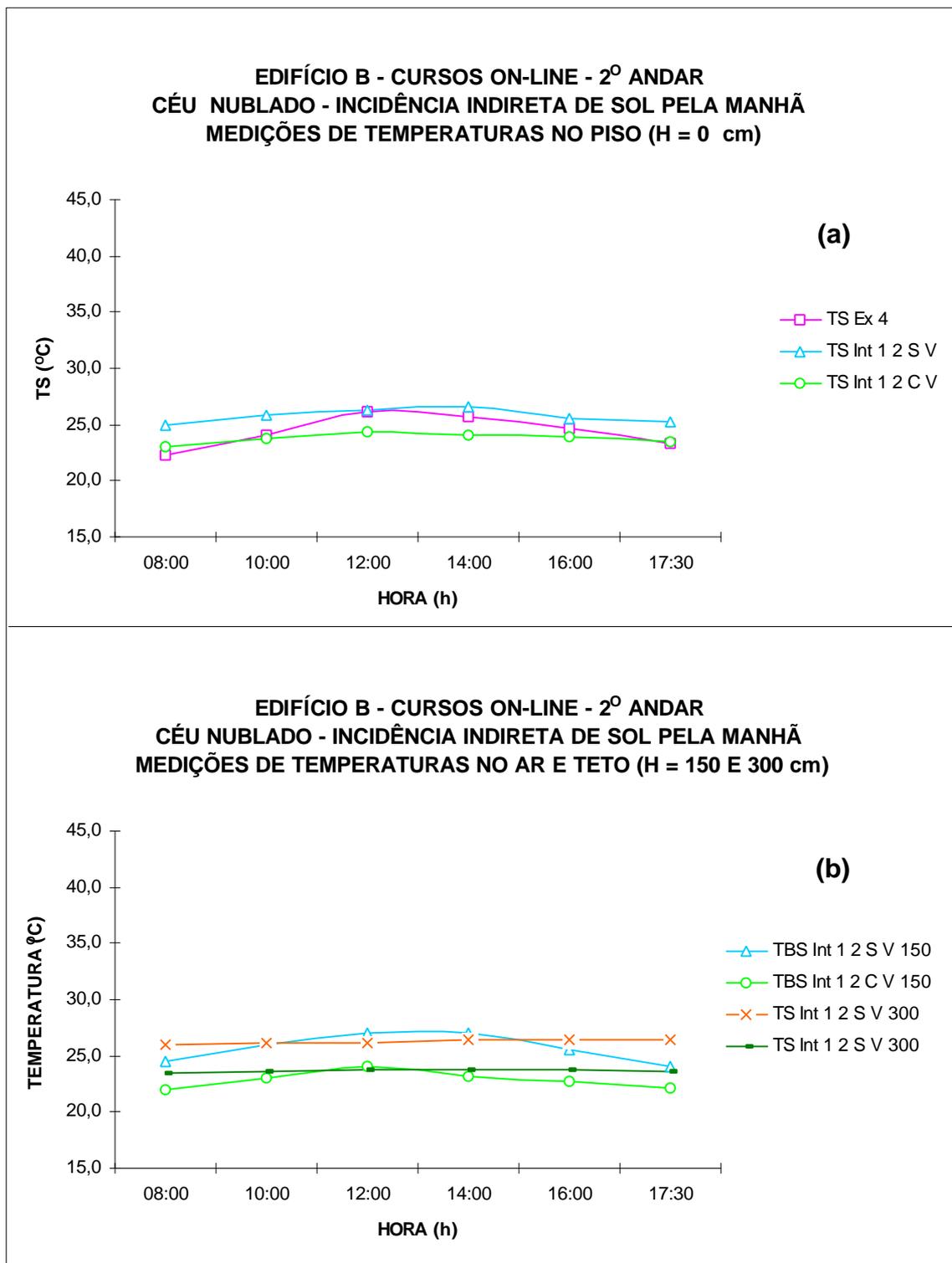


Figura 68 - Edifício B, cursos *on-line*. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado.

EDIFÍCIO B - CURSOS ON-LINE - 2º ANDAR
CÉU NUBLADO - INCIDÊNCIA INDIRETA DE SOL PELA MANHÃ
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)

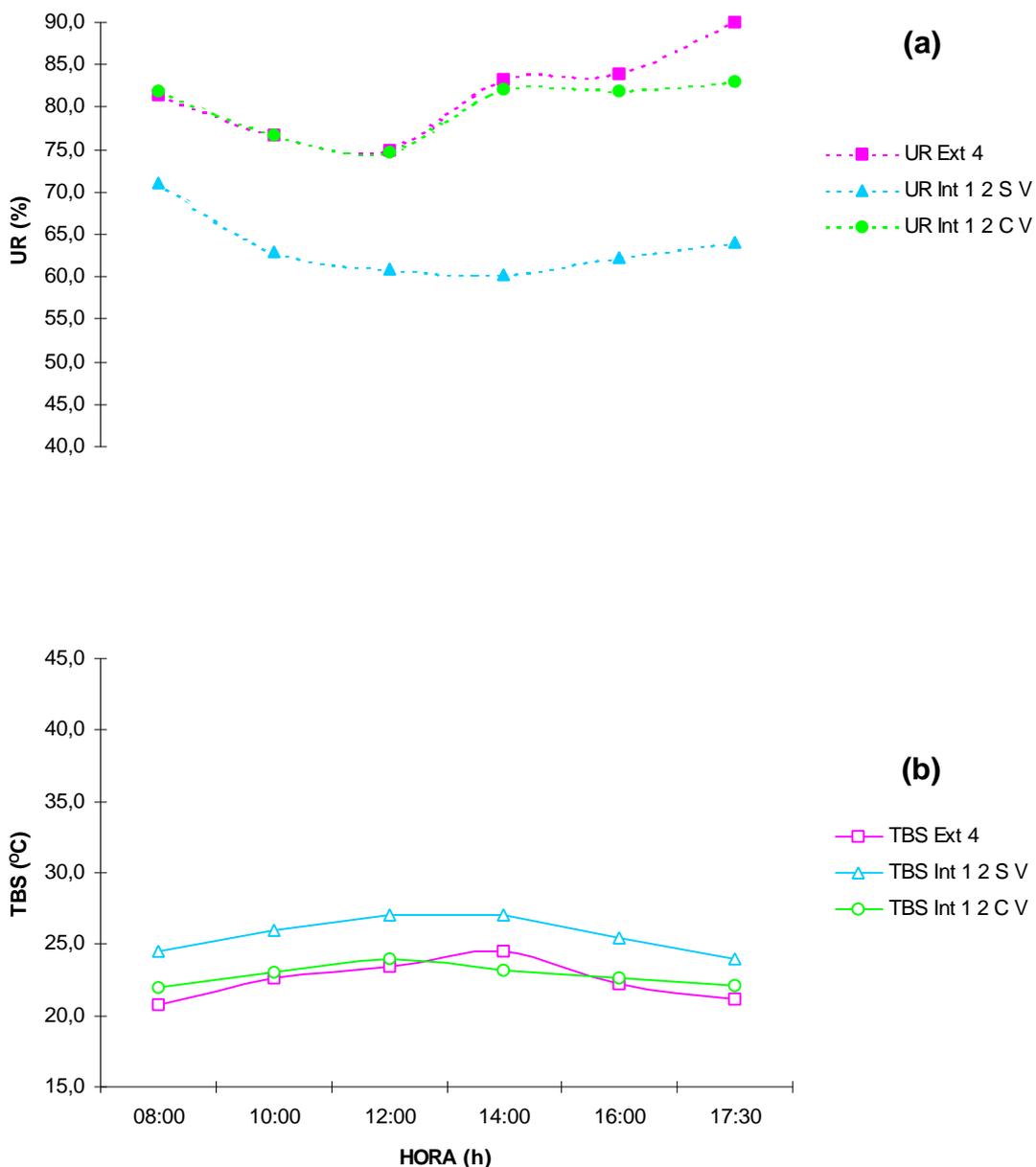


Figura 69 - Edifício B, cursos *on-line*. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

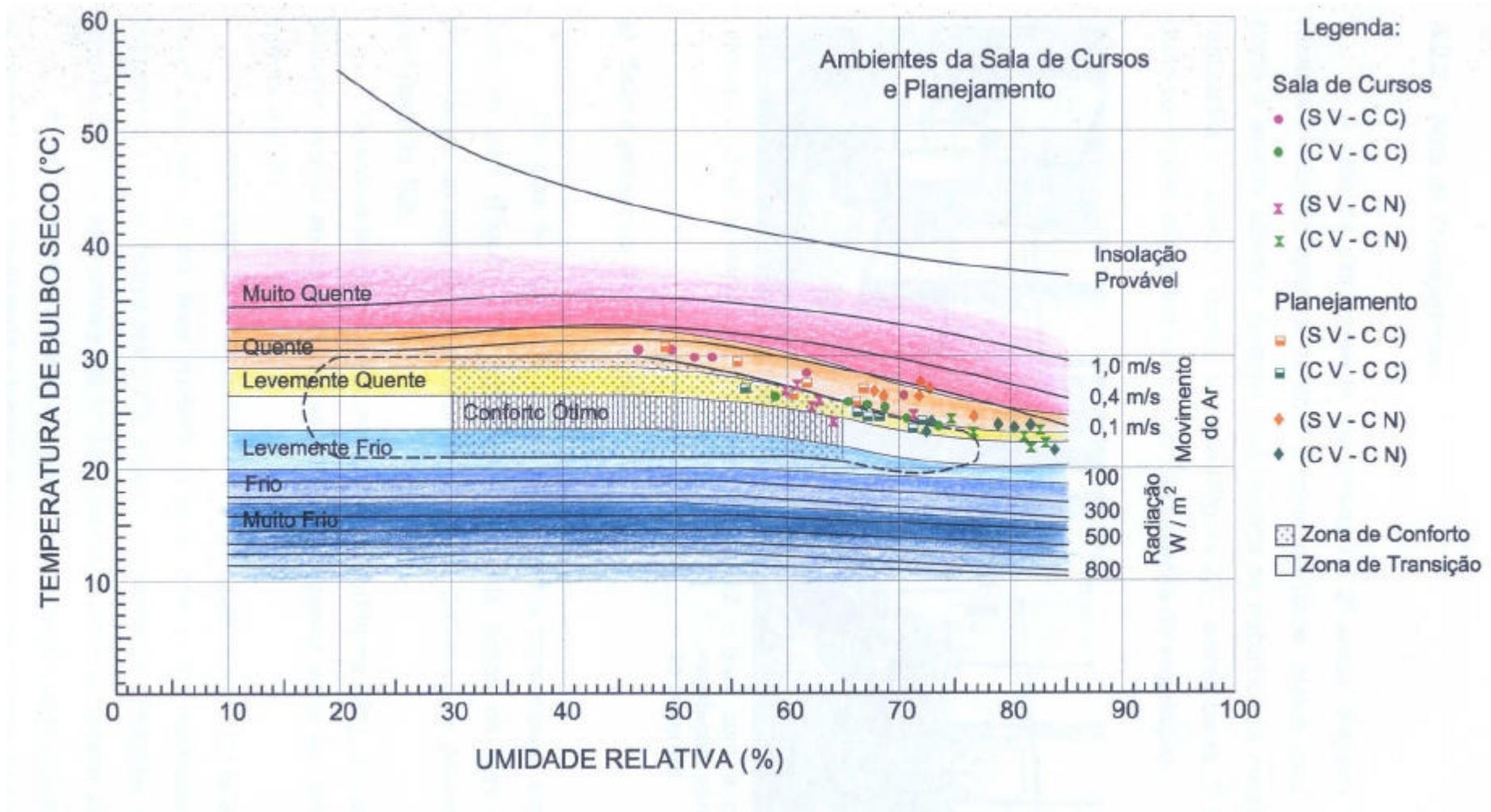


Figura 70 - Aplicação da carta bioclimática de Olgay no Edifício B (h=1,5m) para condições de verão, céu claro ou nublado no horário de 8h às 18h. Associado a um trabalho leve em escritório gerando 130-150 W e, pessoas com vestimentas de 1 “clo”.

4.2.2. Sala de Planejamento

A sala de planejamento localiza-se no 2º andar (Figuras 71 e 72) e recebia insolação apenas durante a parte da tarde. Nesta sala, mantêm-se porta e janelas abertas durante toda jornada de trabalho. As medições foram realizadas no ponto 1 dentro da sala (Figura 22 - planta baixa 2º andar), sob duas condições diferentes: sem e com a presença de vegetação.



Figura 71 - Sala de planejamento original. Figura 72 - Sala com a presença de vegetação para realização da pesquisa.

a) Sem a presença de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a temperatura superficial do piso da sala (Figura 73a) apresentou, durante todos os dias abaixo da temperatura do piso na área externa, sendo 12,8°C a maior diferença média, verificada às 16h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 73b), devido à inércia térmica, oscilou ao longo dos dias, de 2,1°C superior ao ar às 08h até 2,7°C inferior às 14h.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 74a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 3,7°C inferior à externa às 17h30min. A umidade relativa do ar da sala esteve até 11,8% superior à externa durante à tarde.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso dentro e fora da

sala (Figura 75a), constatou-se que na sala a temperatura esteve até 4,2°C superior, sendo a maior diferença média verificada às 8h.

Quanto à temperatura superficial do teto (Figura 75b), devido à inércia térmica, percebeu-se que a temperatura estava até 2,3°C superior ao ar pela manhã e igual a temperatura do ar à tarde.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala e na área externa (Figura 76a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve até 6,2°C superior à externa às 17h30min; isso ocorreu devido a elevada circulação do ar na área externa. A umidade relativa do ar da sala esteve até 18,1% inferior à externa às 17h30min.

b) Com a inclusão de vegetação

Em dias de céu claro, constatou-se que a vegetação reduziu a temperatura superficial do piso da sala (Figura 73a) de 2,1 a 4,8°C, comparado à dias sem vegetação, sendo a maior diferença registrada às 16h.

Quanto a temperatura superficial do teto (Figura 73b), devido à sua inércia térmica, ela foi até 2,0°C inferior ao ar. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 2,3 a 5,5°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 74a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 1,9 a 4,8°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar esteve até 11,2% superior às 14h comparado a dias sem vegetação.

Em dias de céu nublado, a sala recebe radiação solar indireta, através de ondas curtas. Analisando a temperatura superficial do piso da sala (Figura 75a), constatou -se que a vegetação reduziu a temperatura de 2,7 a 3,5°C comparado à dias sem vegetação, sendo a maior diferença registrada às 17h30min.

Quanto a temperatura superficial do teto (Figura 75b), devido à sua inércia térmica, ela foi até 1,5°C superior ao ar. Portanto, a temperatura do teto diminuiu de 2,5 a 3,9°C com a colocação de vegetação.

Comparando-se a temperatura e a umidade relativa do ar a 1,50m de altura na sala (Figura 76a e b), verificou-se que a temperatura do ar esteve de 0,5 a 5,4°C menor com a presença da vegetação. A umidade relativa do ar

esteve até 11,9% superior às 17h30min comparado a dias sem vegetação. Na área externa, a umidade aumentou muito porque ocorreu garoa de 12h às 14h no dia de medição com céu nublado.

c) Síntese conclusiva do comportamento ambiental da sala de planejamento

Segundo a norma NBR 6401 (1980), o metabolismo do corpo humano ao exercer atividades em escritórios libera, em média, 150 W de calor. Considerando o gráfico (Figura 78 - Anexo B) de Rivero (1986), o conforto ótimo se alcança quando as temperaturas do meio estão compreendidas entre 23,5 e 26,5°C. Na sala de planejamento foi constatado que a temperatura radiante média (TGN) era próxima à do ar 1,5m acima do piso. A Figura 70 associa os dados coletados para a sala com a carta bioclimática de Olgyay (1992).

Analisando-se as Figuras 70 e 74, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 25,8 a 30,8 °C;
- a umidade relativa média variou de 49 a 67%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação cruzada, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante mal projetada (orientação e operação).

Assim, para proporcionar sensação de conforto, seria necessário promover movimentação do ar (na ordem de 0,4 m/s), para compensar principalmente a alta temperatura. Os valores na Figura 74 são médias por horário; ou seja, foram observadas algumas temperaturas do ar superiores a 30,8°C e, nesses casos, principalmente a partir de 31,5°C, o ambiente já era considerado desconfortável para trabalhar.

Analisando-se as Figuras 70 e 74, referentes a céu claro, com incidência de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 23,8 a 27,0°C, diminuindo até 4,3°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 57 a 72%, aumentando até 11% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação cruzada, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante mal projetada (orientação e operação). Assim, para proporcionar sensação de conforto, seria necessário promover movimentação do ar (na ordem de 0,4 m/s), para compensar principalmente a alta temperatura e umidade.

Analisando-se as Figuras 70 e 76, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e sem vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 24,5 a 27,4°C;
- a umidade relativa média variou de 68 a 76%;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve menor que 0,1 m/s.

Conjugando-se as variáveis de conforto associadas à condição de céu nublado, pode-se dizer que a sensação térmica nesse ambiente era, sob pouca ventilação cruzada, quente, portanto sem condição de conforto; mesmo sendo possível ventilação cruzada, esta se torna mais difícil de ocorrer pelo fato de existir janela basculante mal posicionada arquitetonicamente quanto às correntes térmicas. Ainda que a temperatura do ar estivesse na faixa de conforto, mesmo assim seria necessário incrementar movimentação do ar (na ordem de 0,4 m/s), para compensar a alta temperatura e umidade, e assim proporcionar sensação de conforto.

Analisando-se as Figuras 70 e 76, referentes a céu nublado, com incidência indireta de sol à tarde e com vegetação, observou-se que:

- a temperatura média do ar variou de 22,0 a 24,0°C, diminuindo até 5,4°C com a vegetação;
- a umidade relativa média variou de 72 a 84%, aumentando até 12% com a vegetação;
- na maior parte do tempo, a velocidade do ar esteve abaixo de 0,1 m/s.

Se por um lado, a umidade relativa acima de 65% (devida à evapotranspiração das plantas e à garoa) induz pensar em condições de exposição higrotérmicas que não correspondem a requisitos para conforto; por outro lado, mesmo a temperatura variando na faixa de conforto ótimo, para melhorar a sensação de conforto, seria necessário incrementar movimentação do ar à razão de 0,1 m/s, para compensar os efeitos da alta umidade.

A partir das entrevistas, foi possível concluir que durante o verão a sala é muito quente, principalmente no período da tarde, fazendo com que o usuário fique indisposto para trabalhar. O depoimento permite confirmar a análise dos resultados quanto à falta de conforto na sala. Com a presença de vegetação sentiram que o ambiente ficou mais agradável termicamente, tanto em dias de céu claro como nublado; isto contraria os resultados em dias de céu nublado, nos quais, a sensação de conforto piorou com o aumento da umidade do ar proporcionada pelas plantas.

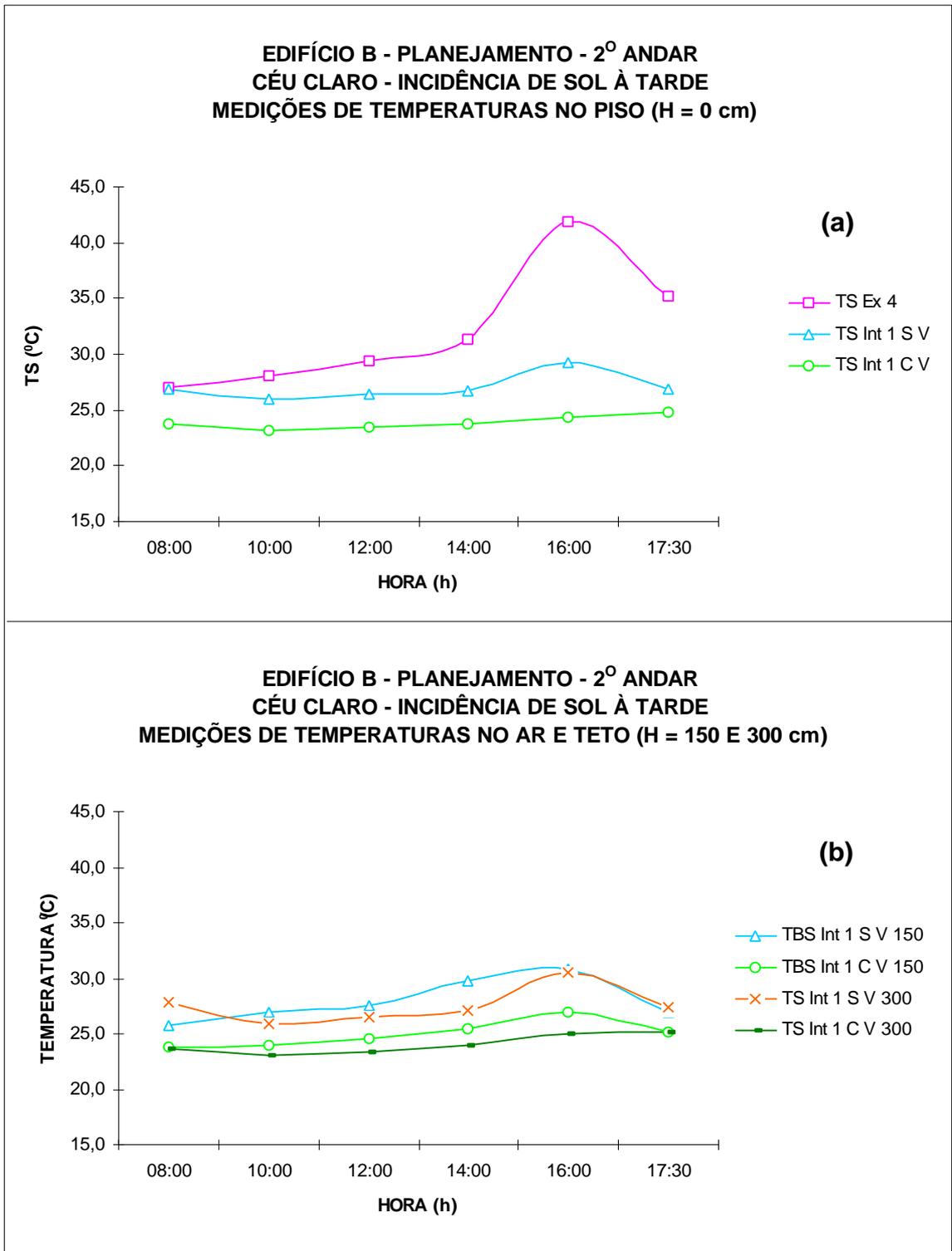


Figura 73 - Edifício B, planejamento. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu claro.

EDIFÍCIO B - PLANEJAMENTO - 2º ANDAR
CÉU CLARO - INCIDÊNCIA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 m)

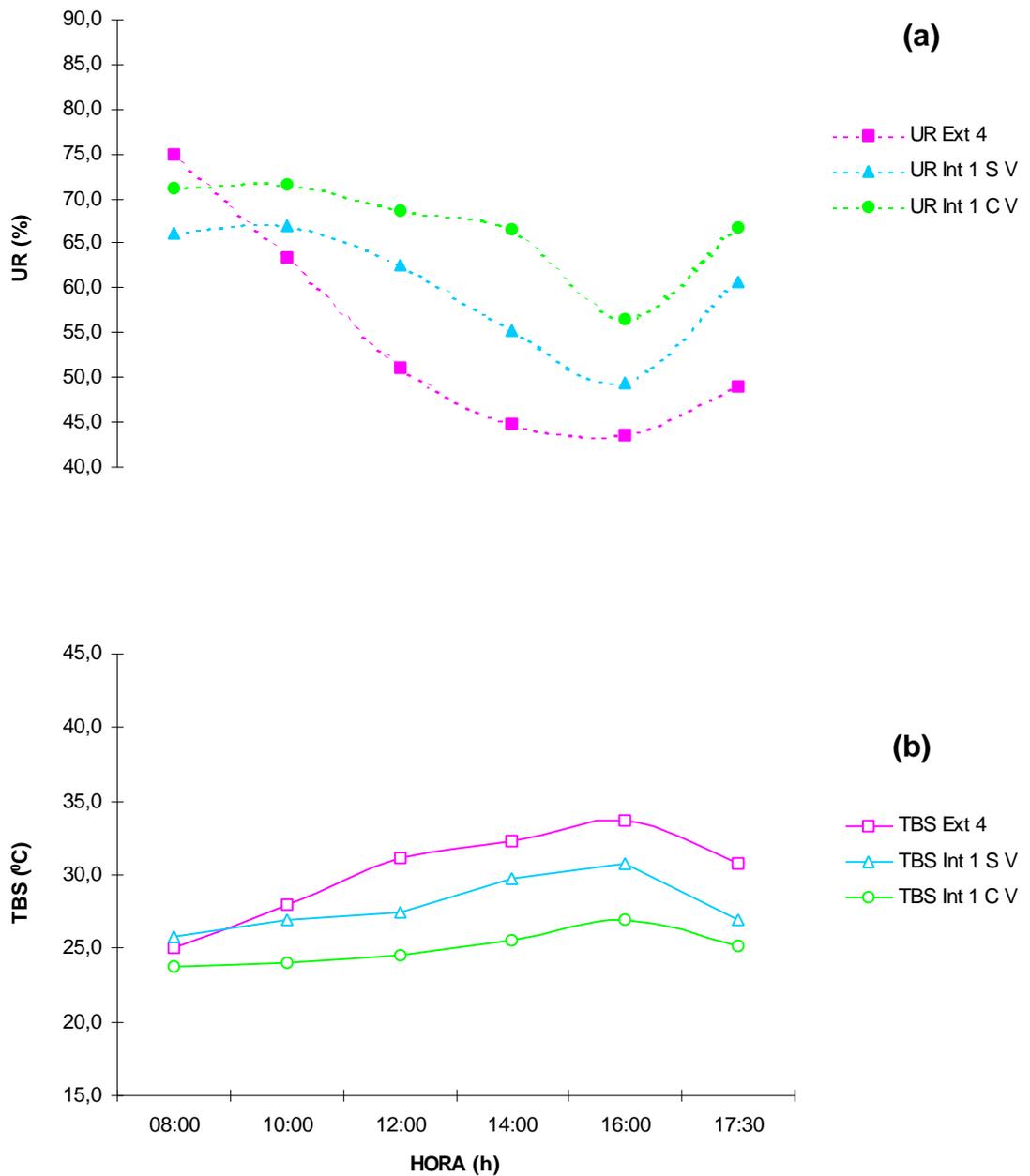


Figura 74 - Edifício B, planejamento. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu claro.

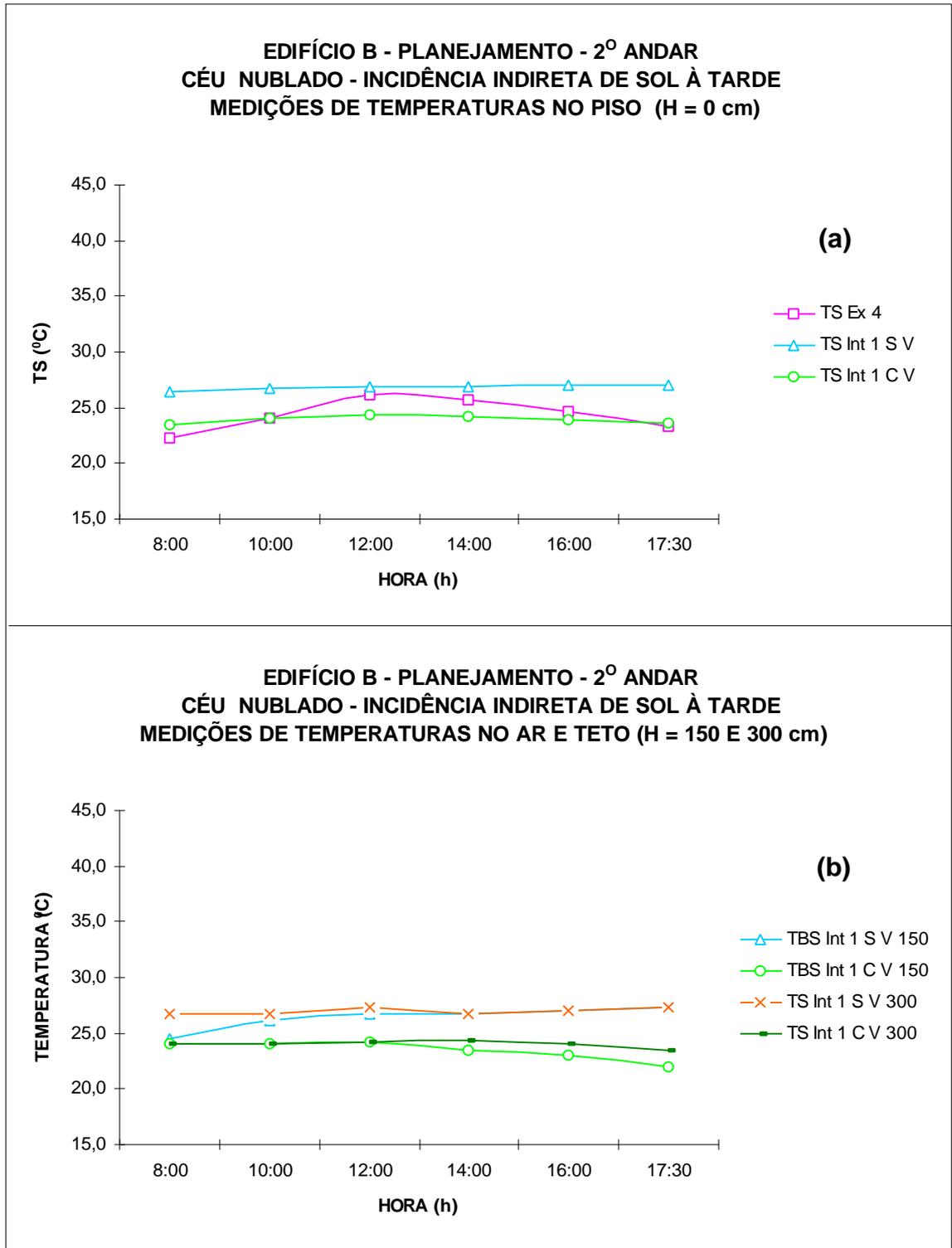


Figura 75 - Edifício B, planejamento. Perfil de temperatura superficial do piso e teto e temperatura do ar, em dias de céu nublado.

EDIFÍCIO B - PLANEJAMENTO - 2º ANDAR
CÉU NUBLADO - INCIDÊNCIA INDIRETA DE SOL À TARDE
MEDIÇÕES DE TEMPERATURAS E UMIDADES NO AR (H = 150 cm)

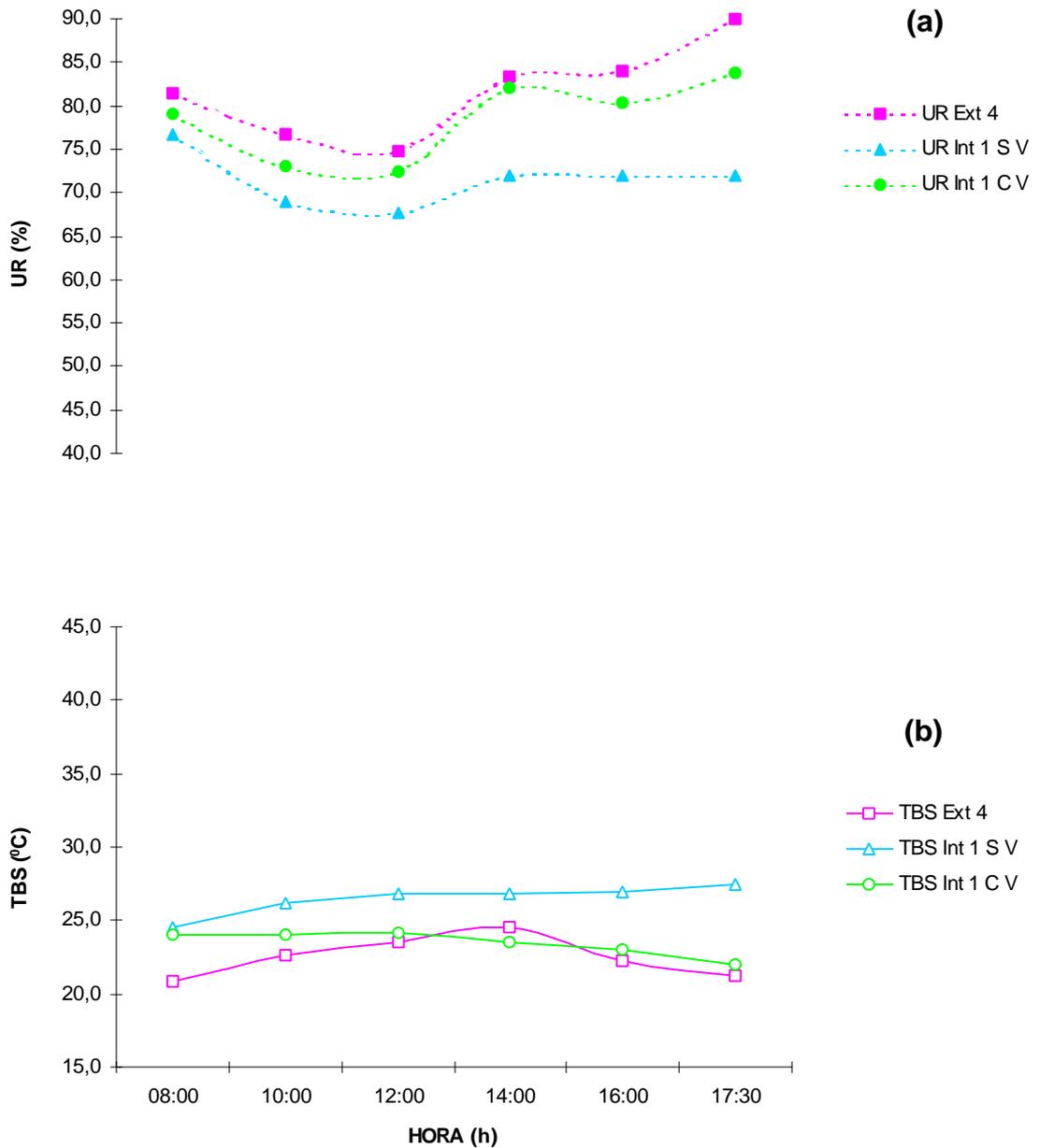


Figura 76 - Edifício B, planejamento. Perfil de umidade relativa (a) e temperatura (b) do ar, em dias de céu nublado.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Através da implementação de vegetação e da análise de fatores ambientais no interior de ambientes construídos foi possível destacar a importância da problemática ambiental e suas repercussões nos dias de hoje. A seguir, as conclusões descritas mostram como, o que foi objetivado foi atingido.

5.1. Conclusões gerais

- De acordo com os parâmetros de conforto térmico de Olgyay (1992), apresentados na Figura 77 - Anexo B, quanto mais distante da zona de conforto ótimo se encontrarem as condições de temperatura e umidade relativa de um ambiente, mais ventilação será necessária para que o conforto ambiental seja alcançado. Mas isto não é conveniente para um ambiente de escritório, no qual, uma circulação intensa do ar influenciaria na organização e realização das atividades no ambiente. Dessa forma, é função do projetista adaptar o ambiente em termos de arranjos físicos, para que seja estabelecido um nível de conforto satisfatório pelos usuários, procedimento que normalmente permite a inclusão de vegetação.
- Em locais com constância de ventos com velocidades moderadas a fortes (3 - 7 m/s), a existência de vegetação em varandas de edifícios deve

ocorrer no sentido de mitigar os efeitos convectivos, uma das causas de desconforto térmico.

- A vegetação não deve ser a única alternativa para melhorar o conforto nos ambientes, devendo ser conjugada com outros artifícios materiais ou ambientais.
- As administrações públicas deveriam desenvolver e aplicar leis que incentivem o Paisagismo Vertical nas cidades (incorporados nos projetos arquitetônicos). Assim, o ambiente urbano pode obter ganhos em termos de conforto térmico e visual, contribuindo efetivamente na melhoria da qualidade de vida da população.

5.2. Conclusões específicas

- Nos edifícios A e B, a inclusão de vegetação em algumas salas fez com que a temperatura abaixasse e a umidade aumentasse, o que repercutiu também nas salas próximas que não tinham a presença de plantas. Isso aconteceu porque a maior parte das salas ficava com as portas e janelas abertas e, simultaneamente, havia correntes de ar da caixa de escada para as salas.
- No edifício A, ao longo do período de medições, as temperaturas do ar oscilaram entre 23,5 e 32,8°C e as umidades relativas do ar entre 45 e 82%. Quando nessas salas houve a inclusão de vegetação, ocorreram reduções da temperatura de 1 a 5°C e aumento da umidade relativa de 8 a 22%. Conjugando-se as variáveis ambientais associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que, na maioria das salas, a sensação de conforto melhorou. Ainda que, de um modo geral, as temperaturas do ar nas salas com vegetação tenham ficado próxima ou dentro da faixa de conforto ótimo, a sensação de conforto não foi ótima devido ao aumento da umidade relativa. Ou seja, a quantidade e o tipo de vegetação e ou déficits de ventilação influíram na condição de conforto.
- A sala 1, no 3º andar, foi o único ambiente que tinha 44% do volume da sala com vegetação, resultando em um aumento do desconforto devido à elevada umidade relativa do ar.

- A sala de computação gráfica era o único ambiente com ar-condicionado; verificou-se que as temperaturas do ar oscilaram entre de 23 e 26,0°C e as umidades relativas do ar entre 44 e 59%. Quando nessa sala houve a inclusão de vegetação, ocorreram reduções da temperatura de 1-3°C e um aumento da umidade relativa de 5%. Conclui-se que durante todas as medições a sala permaneceu dentro dos limites de conforto.
- No edifício B, ao longo do período de medições em algumas salas, as temperaturas do ar oscilaram entre 24,5 e 30,9°C e as umidades relativas do ar entre 49 e 79%. Quando nessas salas houve a inclusão de vegetação, ocorreram reduções da temperatura de 4,3 a 5,5°C e aumento da umidade relativa de 11 a 18%. Conjugando-se as variáveis ambientais associadas à condição de céu claro, pode-se dizer que, na maioria das salas, a sensação de conforto melhorou. Ainda que, de um modo geral, as temperaturas do ar nas salas com vegetação tenham ficado próximas ou dentro da faixa de conforto ótimo, a sensação de conforto não foi ótima devido ao aumento da umidade relativa. Ou seja, a quantidade e o tipo de vegetação e/ou déficits de ventilação influíram na condição de conforto.
- Avaliando-se os resultados em dias de céu nublado, exceto para a sala com ar-condicionado, verificou-se que mesmo a temperatura diminuindo, a presença de vegetação permitiu um aumento acentuado da umidade relativa, fazendo com que as salas ficassem desconfortáveis.
- Baseando-se nos edifícios estudados, verificou-se que o volume de vegetação dentro das salas não deve ser acima de 6% do volume do ambiente, tanto para condições de céu claro como nublado. Acima disso, em ambientes com baixíssima ventilação ($v_{ar} < 0,1$ m/s), há grande tendência de se verificarem umidades relativas superiores a 75%, em condição de verão, aumentando as manifestações de desconforto higrotérmico.
- A presença de vegetação no interior dos ambientes analisados conduziu a um aumento da ordem de 15% da umidade relativa do ar, o que deve ser objeto de outros estudos, considerando-se a alta umidade média do ar que se verificou na cidade de Viçosa. Com base nisso, pode-se preliminarmente apontar que, a vegetação torna-se de grande importância para regiões de

clima quente e seco (ex: Brasília), pois a umidade armazenada nas plantas é transferida para o ar através da evapotranspiração.

- A partir de medições sistemáticas e entrevistas informais, pôde-se enfatizar que a inclusão de vegetação em edifícios deve ser concebida preferencial e conjuntamente com o projeto, pelo fato de o verde ser um dos elementos essenciais na caracterização e qualidade dos ambientes, e pelas funções, formas e cores que agrega.

5.3. Recomendações para trabalhos futuros

- Investigar, avaliar e indicar formas legais para atuação do poder público e da sociedade quanto à incorporação do paisagismo vertical em edifícios, no contexto da ambiência urbana.
- Realizar estudos para observar como as plantas podem diminuir a concentração dos compostos orgânicos voláteis (VOCs) no ar dos ambientes internos das edificações.
- Investigar como os diversos tipos de vegetação podem influenciar o comportamento ambiental interno em diferentes edificações (residencial, comercial e institucional).
- Pesquisar como as variáveis ambientais influem na composição foliar de vegetação implementada no interior de edifícios, de acordo com o desempenho dos ambientes construídos, com e sem vegetação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, Edward. **Construcción – Como funciona um edifício: principios elementales**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1982. 258 p.

ARRUDA, P. R. R. **Uma contribuição ao estudo ambiental da bacia hidrográfica do ribeirão São Bartolomeu, Viçosa, Minas Gerais**. 1997. 108 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Viçosa, Viçosa-MG.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações centrais de ar-condicionado para conforto**: parâmetros básicos de projeto, NBR-6401. Rio de Janeiro, 1980. p.1-17.

BAÊTA, Fernando da Costa; SOUZA, Cecília de Fátima. **Ambiência em edificações rurais: conforto animal**. Viçosa: UFV, 1997. 246 p.

BARBARA, C.L.; BOYLES, A.S. Using Bees to select cost-effective green products. **International Journal of LCA**. v. 6, p. 76-80, 2001.

BARBOSA, Antônio C. S. **Paisagismo, jardinagem & planta ornamentais**. São Paulo: Iglu Editora, 1989. 231 p.

BARBOSA, Antônio C. S. **Paisagismo não é brinquedo de moda**. Disponível em:http://www/escolapaulistadepaisagismo.com.Br/artigos/paisagismo_não_e_brinquedo_de_moda.html. Acesso em: 26 de fevereiro de 2002.

BOADA, L. D. **O espaço recriado**. São Paulo: Editora Nobel, 1991. 103 p.

BRANDÃO, Mítzi; BRANDÃO, Hypérides. **A Árvore: paisagismo e meio ambiente**. Belo Horizonte: Editora Vitae Comunicação Integrada, 1992. 168 p.

BRASIL. Lei nº 1420 – **Lei de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento do Municipal de Viçosa**. Viçosa, 2000. 45 p.

BUSTOS ROMERO, Marta Adriana. **Princípios bioclimáticos para o desenho urbano**. 2ª ed., São Paulo: Editora Projeto, 2000. 128 p.

BUSTOS ROMERO, Marta Adriana. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 2001. 226 p.

CASTRO NETO, Jayme Spinola. **Edifícios de alta tecnologia**. Tradução de Tomas Llorente Buiza. São Paulo: Carthago & Forte, 1994. 372 p.

CHACEL, Fernando. **Paisagismo e ecogênese**. Rio de Janeiro: Fraiha, 2001. 144 p.

CORREA, Josirley F., PAIVA, Renato. Fotossíntese. In: Renato Paiva. **Curso de biologia: fisiologia vegetal**. Lavras: UFLA / FAEPE, 1997. Módulo 5, p. 29-53.

ELIASSON, Ingegärd. The use of climate knowledge in urban planning. **Landscape and urban planning**, Sweden. v. 48, p. 31-44, 2000.

FONSECA, Lygia Prota. **Áreas verdes públicas de Belo Horizonte de 1897 a 1997**. 1997. 129p. Dissertação (Monografia do Curso de Especialização em Urbanismo) - Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico**. 2ª ed., São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243 p.

GIVONI, Baruch. **Urban design in different climates**. 1989. Dissertation (Graduate School of Architecture) – University of California, Los Angeles – USA.

GONÇALVES, Wantuelfer. Paisagem: objeto de trabalho do arquiteto paisagista. In: **Paisagem e ambiente: ensaios IV**. São Paulo: FAUUSP, 1992. p. 79-88 p.

HELLICKSON, Mylo A.; WALKER, John N. **Ventilation of agricultural structures**. Michigan: ASAE Technical Editor, 1983. 372 p.

HOUGH, Michael. **Cities and natural process**. London: Routledge, 1995. 326 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Demográfico 2000**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>> Acesso em: 23 setembro 2002.

IWASHITA, Juliana; ROMERO, Marcelo de Andrade. Aproveitamento máximo dos recursos naturais em torres de escritórios: Protótipo 2. **Climatização**. São Paulo: Editorial RPA, p.30-38, outubro de 2001.

IZARD, Jean-Louis; GUYOT, Alain. **Arquitetura bioclimática**. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 1980. 192 p.

JENSEN, M. E; BURMAN, R.D.; ALLEN, R.G. **Evapotranspiration and irrigation water requirements**. (Manual and reports on engineering practice, 70). New York: ASCE, 1990. 332p.

LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações/ UFSC. **Iluminação natural: procedimentos de cálculo para a estimativa da disponibilidade de luz natural**. Santa Catarina. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/conforto/textos/iluminacao>>. Acesso em: 16 de setembro 2003.

LANDSBERG, H. E. **The urban climate**. New York: Academic Press, 1981. 275 p.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Editora Hucitec, 1985. 244 p.

LORENZI, Harri.; SOUZA, Hermes. Moreira de. **Plantas ornamentais do Brasil: Arbustivas, herbáceas e trepadeiras**. 2^o ed., São Paulo: Instituto Plantarum de Estudo da Flora Ltda. 1999. 1120 p.

LOUREIRO, Marcelo Ehlers; MARTINEZ, Carlos. **Fotossíntese: parte 1**, Viçosa. 2002. 11p. Material didático de apoio à disciplina.

MACEDO, Silvio Soares. A vegetação como elemento de projeto. In: **Paisagem e ambiente: ensaios IV**. São Paulo: FAUUSP, 1982. 11-41 p.

MASCARÓ, Juan Luís. O consumo de energia nos edifícios. In: **Seminário de Arquitetura Bioclimática**. Rio de Janeiro: UFRJ, 1983a. 33-40 p.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Ambiência urbana**. Porto Alegre: Sagra DC Luzzatto, 1996. 199p.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Luz, arquitetura e clima**. 3^o ed., São Paulo: Nobel, 1983b. 189 p.

MASCARÓ, Lúcia Raffo de. **Energia na edificação: estratégia para minimizar seu consumo**. São Paulo: Editora Projeto, 1988. 136 p.

MEIER, Alan K. Strategic Landscaping and Air-Conditioning Savings: A Literature Review, **Energy and Buildings**, Califórnia. v. 15/16, p. 479-486, 1991.

MENEZES, Claudino. Luiz. **Desenvolvimento urbano e meio ambiente: a experiência de Curitiba**. São Paulo: Papirus Editora, 1996. 198 p.

OKE, T. R. **Boundary layer climates**. 2nd ed. London: Methuen & CO, 1978.

OKE, T. R. Canyon geometry and nocturnal urban heat island: comparison of scale model and field observations. **J. Climatol.** vol 1. p. 237-254, 1981.

OLGYAY, Victor. **Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism.** New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. 190 p.

ONMURA, S.; MATSUMOTO, M.; HOKOI, S. Study on evaporative cooling effects of roof lawn gardens. **Energy and Buildings**, Japão. v. 33, p. 653-666, 2001.

PAIVA FILHO, Domingos; SANTOS, João Almeida. **Metodologia científica.** São Paulo: Futura, 1998. 277 p.

PATTERSON, M. What color green? **Buildings.** v. 92, p. 80-86, 1998.

PEREIRA, Antônio Roberto; NOVA, Nilson Augusto Villa; SEDIYAMA, Gilberto Chohaku. **Evapotranspiração.** Piracicaba: FEALQ, 1997. 183 p.

PIETROBON, Cláudio Emanuel; LAMBERTS, Roberto; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Estratégias bioclimáticas para o projeto de edificações: conceituação e aplicação para Maringá, Paraná.** Maringá: gravadora, mês 2001. CD-ROM Antac.

PINHEIRO, N.L. **Indústria imobiliária e a qualidade ambiental: subsídios para o desenvolvimento urbano sustentável.** São Paulo: PINI, SECOVI, 2000. 104 p.

RIBEIRO FILHO, Geraldo Browne. **A formação do espaço construído: cidade e legislação urbanística em Viçosa, MG.** 1997. 244p. Dissertação (Mestrado em Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro.

RICHARDS, Ivor. **T. R. Hamzah & Yeang: ecology of the sky.** Austrália: Editora Nobel, 2001. 247 p.

RIVERO, R. **Arquitetura e Clima: condicionamento térmico natural.** 2^o ed., Porto Alegre: D. C. Luzzatto Editores, 1986. 240 p.

ROSA, Lourdes Zunino. **Arquitetura e Meio Ambiente.** Belo Horizonte: UFMG, 1991. 154 p.

SANTOS, Nara Rejane Zamberlan; TEIXEIRA, Italo Filippi. **Arborização de vias públicas: ambiente x vegetação.** Santa Cruz do Sul: Pallotti, 2001. 135 p.

SOUZA, Marcos. B; PEREIRA, Fernando. Impacto da luz natural no consumo de energia em edificações comerciais. In: **Encontro nacional de modelos de simulação de ambientes.** São Paulo: FAU – Núcleo de Pesquisa em Tecnologia da Arquitetura e Urbanismo, 1995. 299-310 p.

STEPAN, Alfred. **Estado, corporativismo e autoritarismo**. Tradução de Mariana Leão Teixeira V. de Medeiros. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1980. 375 p.

TAIZ, Lincoln; ZEIZER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. Tradução de Eliane Romanato Santarém, *et al.* 3^o ed., Porto Alegre: Artmed, 2003. 201-202 p.

TAKAKURA, T., KITADE, S. e GOTO, E. Cooling effect of greenery cover over a building, **Energy and Buildings**, Japan. v. 31, p. 1-6, 2001.

TORRES, Ewertton Magalhães. **Metodologia para macroplanejamento de áreas verdes urbanas**. 2003. 68p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **Estação metereológica**. Departamento de Engenharia Agrícola. Disponível em: <ftp://ftp.ufv.br/dea/dadosclima> Acesso em: 10 agosto 2002.

VIANNA, Nelson Solano; GONÇALVES, Joana C. S. **Iluminação e arquitetura**. São Paulo: Editora da Universidade do Grande ABC, 2001. 378 p.

WONG, Nyuk Hien *et al.* The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore. **Energy and Buildings**, Cingapura, v. 35, p. 353-364, maio 2003.

ANEXOS

ANEXO A

Quadro 5 - Propriedades radiantes de materiais e superfícies urbanas típicas (latitudes médias).

SUPERFÍCIE	ALBEDO (radiação solar) (%)	EMITÂNCIA (onda larga) (%)
1- RUAS asfalto	5 – 20	95
2- PAREDES concreto tijolo pedra madeira	10 – 35 20 – 40 20 – 35 40	71 – 90 90 – 92 85 – 95 90
3- COBERTURAS betumem e cascalho telhas ardósia chapa metálica	8 – 18 10 – 35 10 10 – 16	92 90 90 13 – 28
4- JANELAS vidro comum - altura do sol - 40° - altura do sol + 40°	8 9 – 52	87 – 94 87 – 92
5- PINTURAS brancas, claras vermelha, marrom, verde preto	50 – 90 20 – 35 2 – 15	85 – 95 85 – 95 90 – 98
6- ÁREAS URBANAS variação média	10 – 27 15	85 – 95 –
7- OUTRAS terra preta úmida terra preta seca areia seca erva seca deserto campos verdes bosques escuros pinha tijolos (segundo sua cor)	8 – 9 12 – 25 18 – 30 32 24 – 28 3 – 15 5 20 – 29 23 – 48	– – – – – – – – 90 – 92

Fonte: Mascaró (1996).

ANEXO B

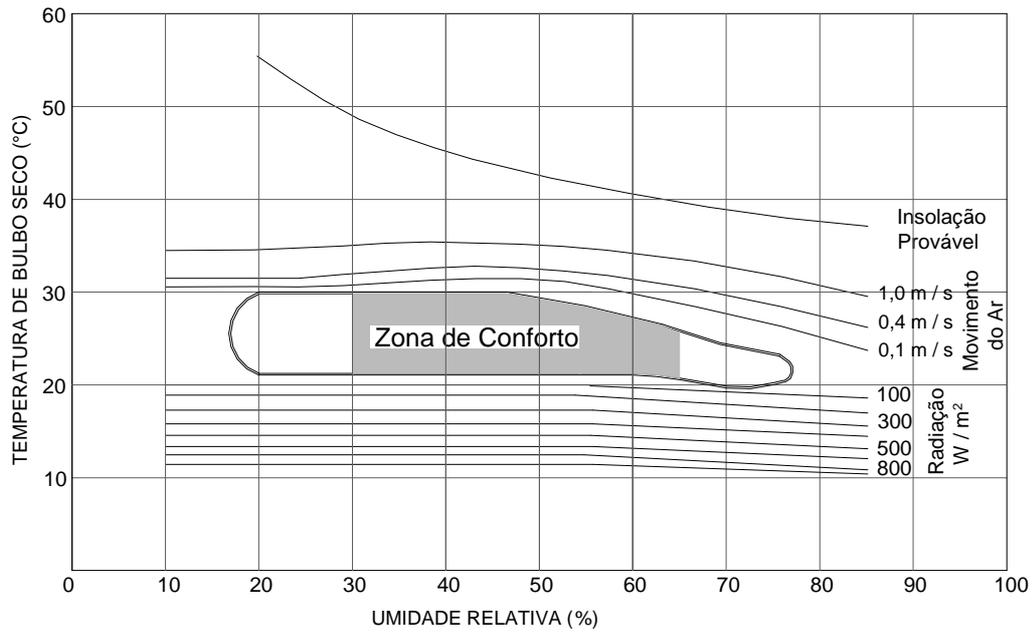


Figura 77 - Carta Bioclimática de Olgay para habitantes de regiões de clima quente, em trabalho leve, vestindo 1 “clo”.
 Fonte: Frota e Schiffer (1995).

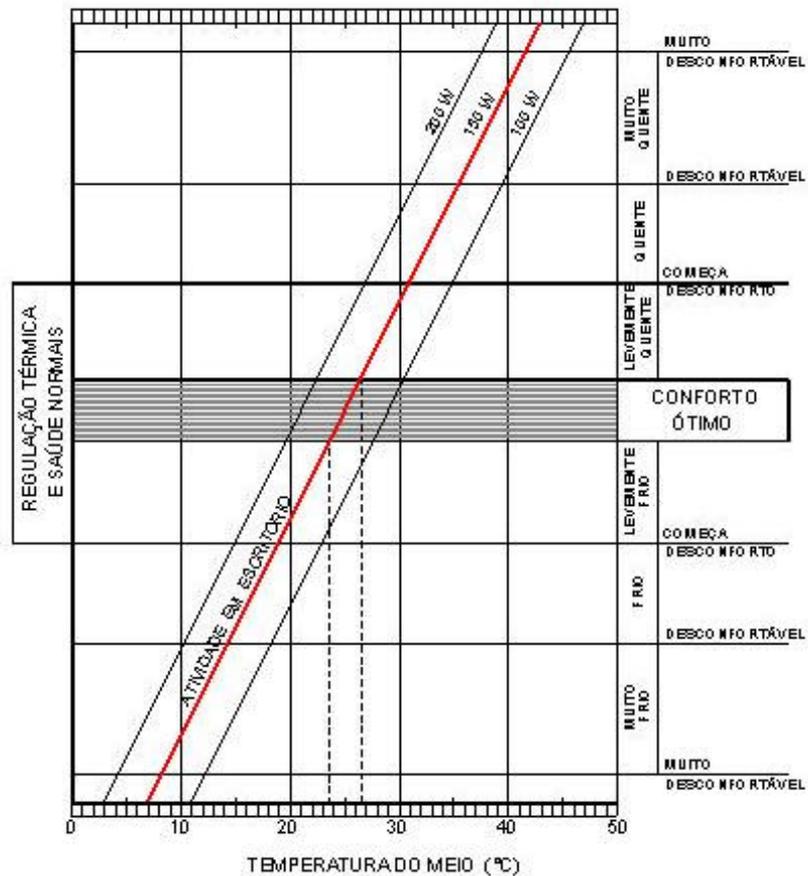


Figura 78 - Importância da atividade na definição das condições térmicas mais apropriadas do meio.
 Fonte: Adaptado de Rivero (1986).

ANEXO C - Quadro 6 - Conclusão das análises dos dados para os edifícios A e B.

E	P	Local	VT Sala (m ³)	VT Planta (m ³)	PV (%)	Sem vegetação					Com vegetação					Influência** da Vegetação		
						TBS (°C)	UR (%)	V _{ar} (m/s)	Nível de Conforto no Ambiente		TBS (°C)	UR (%)	V _{ar} (m/s)	Nível de Conforto no Ambiente				
									8→12h	14→18h				8→12h	14→18h	DTBS* (°C)	DUR (%)	
Edifício A	Manhã	Recepção (1º andar)	43,2	3,0	6,9	CC	24,3-29,3	77-53	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(2)	23,0-28,2	81-60	< 0,1	(1)→(2)	(2)→(2)	-2	+11
						CN	25,3-27,0	82-73	< 0,1	(3)→(3)	(3)→(2)	23,3-27,4	80-61	< 0,1	(1)→(2)	(3)→(2)	-2	+21
	Tarde	Comput. Gráfica (2º andar)	61,8	3,8	6,2	CC	23,2-26,0	59-44	< 0,1	(0)→(0)	(0)→(0)	22,6-23,4	64-47	< 0,1	(0)→(0)	(0)→(0)	-3	+5
						CN	23,5-24,0	53-48	< 0,1	(0)→(0)	(0)→(0)	23,0-25,3	58-49	< 0,1	(0)→(0)	(0)→(0)	-1,3	+5
		Sala 1 (2º andar)	22,8	3,0	13,2	CC	25,8-30,8	69-49	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(2)	24,0-28,0	73-62	< 0,1	(1)→(1)	(2)→(2)	-3	+20
						CN	23,5-27,7	77-58	< 0,1	(1)→(1)	(2)→(2)	23,0-27,0	85-64	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(2)	-1,5	+13
		Sala 1 (3º andar)	22,8	10,0	43,9	CC	26,7-31,6	64-45	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(2)	24,0-27,8	75-67	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(3)	-3,8	+22
						CN	23,5-27,0	77-61	< 0,1	(1)→(2)	(2)→(2)	23,1-27,2	85-65	< 0,1	(1)→(2)	(2)→(2)	-1	+8,4
		Sala 1 (4º andar)	27,0	3,0	11,1	CC	27,5-32,8	62-45	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(2)	24,5-28,0	74-66	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(3)	-5	+22
						CN	24,0-29,0	74-46	0,4-1,0	(1)→(2)	(2)→(2)	24,0-28,0	76-61	0,5-1,0	(2)→(2)	(2)→(2)	-2	+18
Edifício B	Manhã	Cursos On-line (1º andar)	105	5,0	4,5	CC	28,5-30,9	70-47	0,5-1,5	(2)→(2)	(2)→(2)	23,6-26,3	73-59	0,4-1,0	(1)→(1)	(1)→(2)	-5,5	+18
						CN	24,0-27,0	71-60	< 0,5	(2)→(1)	(1)→(0)	22,0-24,0	83-74	0,3-0,7	(1)→(2)	(1)→(1)	-3,8	+22
	Tarde	Planejam. (2º andar)	50,4	4,5	9,0	CC	25,8-30,8	67-49	< 0,1	(2)→(2)	(2)→(1)	23,8-27,0	72-57	< 0,1	(1)→(1)	(1)→(1)	-4,3	+11
						CN	24,5-27,4	76-68	< 0,1	(2)→(2)	(3)→(3)	22,0-24,0	84-72	< 0,1	(2)→(2)	(1)→(1)	-5,4	+12

Legenda: CC - Condição de céu claro.

P - Período de insolação na sala.

Nível de Conforto: (0) Conforto Ótimo.

CN - Condição de céu nublado.

PV - Porcentagem de vegetação na sala.

(1) Levemente Quente.

E - Edifício.

VT - Volume total.

(2) Quente.

Notas: ** Variação dos ambientes comparado a dias sem vegetação.

(3) Muito Quente.

*Não descontada a variação média climática de menos 0,5°C, no período de fevereiro a março (ver Anexo D).

ANEXO D

Quadro 7 - Valores climatológicos médios para Viçosa, Minas Gerais, no período de 1961 a 1990.

Mês	Temperatura (°C)					Precipitação (mm)	HI (h)	Vento (m/s)
	Mínim. Absol.	Mínima	Média	Máxima	Máxim. Absol.			
Janeiro	12,5	17,9	22,1	28,2	35,5	229,5	6,8	1,4
Fevereiro	10,8	18,1	22,3	30,0	35,0	189,6	6,8	1,3
Março	9,8	17,6	21,8	28,4	33,5	139,9	6,8	1,2
Abril	5,6	15,6	20,0	26,6	32,5	66,7	6,6	1,0
Mai	4,0	12,7	17,7	24,9	30,4	38,5	6,8	0,9
Junho	1,2	10,6	16,0	23,9	30,4	28,2	6,2	0,8
Julho	1,8	10,1	15,4	23,5	30,6	25,2	6,6	1,1
Agosto	2,4	11,1	16,9	24,9	33,8	38,8	7,4	1,4
Setembro	4,8	13,3	18,3	25,5	34,0	64,4	5,4	1,3
Outubro	8,8	15,8	20,2	26,4	36,4	195,5	4,6	1,3
Novembro	8,0	17,1	20,2	26,9	35,4	291,3	5,0	1,4
Dezembro	10,4	17,8	21,3	27,0	33,8	284,2	5,5	1,5

Fonte: Estação meteorológica localizada na UFV.
 Legenda: Absol. - absoluta; HI - horas de insolação

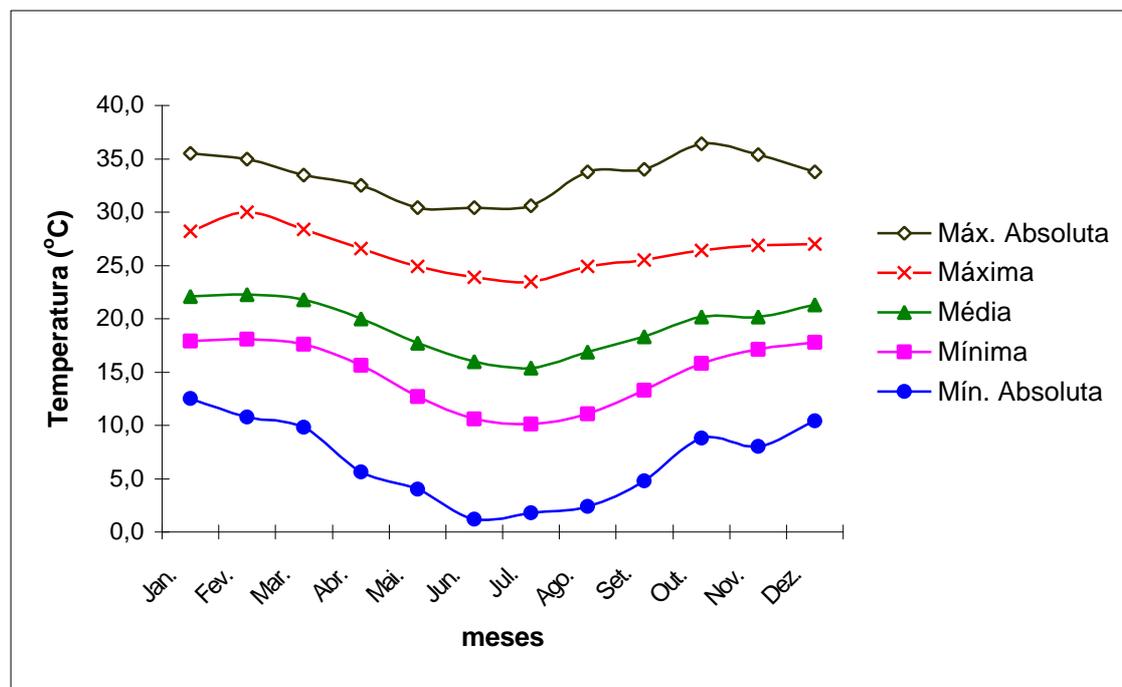


Figura 79 - Gráfico dos valores climáticos de temperatura para Viçosa, no período de 1961 a 1990.

ANEXO E

Lei nº 1.420/2000 - LEI DE OCUPAÇÃO, USO DO SOLO E ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA

TÍTULO I – DA OCUPAÇÃO, USO DO SOLO E ZONEAMENTO DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA

Capítulo I – Das Disposições Preliminares

Art. 1º – são objetivos da lei de ocupação, uso do solo e zoneamento do município de viçosa:

I – orientar e estimular o desenvolvimento urbano;

II – preservar as características urbanas, que conferem identidade a Viçosa;

III – permitir o desenvolvimento racional e integrado do aglomerado urbano;

IV – assegurar concentração urbana equilibrada, mediante o controle do uso e do aproveitamento adequado do solo;

V – dividir o território municipal em zonas diferenciadas, em função das diretrizes do Plano Diretor;

VI – assegurar reservas de áreas necessárias à expansão, de acordo com o planejamento físico-territorial urbano;

V – minimizar conflitos entre áreas residenciais e áreas de outras atividades.

Capítulo II / Seção II – Da Taxa de Permeabilização

Art. 11º – A Taxa de Permeabilização (TP): destina-se a prover cobertura do terreno com vegetação ou qualquer outro material permeável que contribua para o equilíbrio climático e propicie alívio para o sistema público de drenagem urbana.

Parágrafo único – A TP representará um percentual da área de cada terreno e terá valor específico para cada zona, conforme o Anexo III – Organização do Território (Tabela abaixo).

Capítulo II / Seção III – Do Coeficiente de Aproveitamento

Art. 12º – O Coeficiente de Aproveitamento (CA): é o número que, multiplicado pela área do lote, determina a área máxima permitida para cada edificação.

§ 1º – O CA terá um valor numérico específico para cada zona;

§ 2º – O valor do CA será aumentado em 20% para todos os terrenos situados ao longo das águas correntes e dormentes;

Art. 13º – Não serão computadas, para efeito do cálculo do Coeficiente de Aproveitamento, as seguintes áreas:

I – destinadas a estacionamentos de veículos ou lazer e recreação de uso comum, em edificações residenciais, comerciais ou de uso misto;

II – situadas ao nível do subsolo, destinadas a lazer e recreação de uso comum, em edificações residenciais, comerciais ou de uso misto;

III – de circulação vertical coletiva;

IV – de circulação horizontal coletiva;

V – varandas abertas, situadas em unidades residenciais, que tenham área total equivalente a até 10% da área do pavimento onde se localizam;

VI – reservatório de água, casa de máquinas e subestação;

VII – compartimentos destinados a depósito de lixo;

VIII – portaria;

IX – zeladoria;

X – jardineiras, contadas da fachada da edificação até 60cm de proteção;

XI – instalação sanitária de uso comum que possua condições adequadas de acessibilidade e utilização por portadores de necessidade especiais, nos termos das normas técnicas oficiais vigentes ou de maiores exigências da legislação municipal;

XII – rampas que sejam adequadas aos portadores de deficiência, nos termos das normas técnicas oficiais vigentes ou de maiores exigências da legislação municipal;

Capítulo II / Seção IV – Da Taxa de Ocupação

Art. 14º – A Taxa de Ocupação (TO): é o percentual da área do lote que pode ser ocupado por construção.

§ 1º – Não são computados para o cálculo da Taxa de Ocupação os pergolados, beirais, marquises e caramanchões.

§ 2º – Se a Taxa de Ocupação não ultrapassar 50% da área do lote, o proprietário terá redução de 20% sobre a taxa do alvará de construção.

§ 3º – A TO terá um valor específico para cada zona.

ANEXO F

Lei nº 1.420/2000 - PLANO DIRETOR DO MUNICÍPIO DE VIÇOSA DIRETRIZES GERAIS DA POLÍTICA DO MEIO AMBIENTE

Art. 28 - A política do meio ambiente objetiva garantir a todos o direito ao ambiente ecologicamente equilibrado, regulando a ação do Poder Público Municipal e sua relação com os cidadãos e instituições públicas e privadas.

Art. 29 - A política municipal do meio ambiente é orientada pelos seguintes princípios:

- I - a garantia de equilíbrio na interação de elementos naturais e criados, de forma a abrigar, proteger e promover a vida em todas as suas formas;
- II – a garantia, a todos, de um meio ambiente ecologicamente equilibrado;
- III – a racionalização do uso dos recursos ambientais;
- IV - a valorização e incentivo ao desenvolvimento da consciência ecológica.

Art. 30 - São diretrizes para a política do meio ambiente:

- I – elaborar o zoneamento ambiental do Município;
- II – controlar as atividades produtivas e o emprego de materiais e equipamentos que possam acarretar danos ao meio ambiente e à qualidade de vida da população;
- III – estabelecer normas de qualidade ambiental, compatibilizando-as à legislação específica e às inovações tecnológicas;
- IV – preservar e conservar as áreas protegidas do Município;
- V – garantir taxas satisfatórias de permeabilidade do solo no território urbano, conforme Lei de Ocupação, Uso do Solo e Zoneamento;
- VI - impedir a ocupação antrópica nas áreas de risco potencial, assegurando-se destinação adequada às mesmas;
- VII - proteger as áreas ameaçadas de degradação e recuperar as áreas degradadas;
- VIII – garantir a integridade do patrimônio ecológico, genético e paisagístico do Município;
- IX - impedir ou restringir a ocupação urbana em áreas frágeis de baixadas e de encostas, impróprias à urbanização, bem como em áreas de notável valor paisagístico.

ANEXO G - Quadro 8 - Organização do Território no Município de Viçosa.

Zonas	Área mínima do lote (m²)	Testada mínima do lote (m)	Coefficiente de Aproveitamento (n x área lote)	Taxa de Ocupação (%)	Taxa permeável mínima (%)	Altura máxima da edificação em pavimentos
1. Predominância de uso residencial, adensamento controlado, área de topografia acidentada, permite indústrias de até médio porte ou toneladas.	200	10	2,6	60 ¹ 80 ²	20	5
2. Predominância de uso residencial, área de expansão urbana, com restrição à verticalização, permite indústrias de pequeno porte não incômodas de até 180,00 m ² .	360	12	1,2	60	20	3
3. Zona Central – Predominância de uso misto, permite indústrias de pequeno porte não incômodas.	200	10	2,8	60 ³ 80 ⁴	10	10/4 ⁵
4. Zona Industrial – Predominância de uso industrial, área para instalação de indústrias de até grande porte, do tipo incômodas ou perigosas.	600	15	1,0	50	20	3
5. Tem como característica a predominância de uso comercial, é área adensável e permite também a instalação de indústrias de até médio porte ou do tipo toleradas.	360	12	3,5	60 ³ 80 ⁴	10	10
6. Tem como característica a predominância de uso comercial, é área adensável e permite também a instalação de indústrias de pequeno porte não incômodas.	360	12	3,0	60 ³ 80 ⁴	10	10

Notas 1. Taxa de ocupação máxima do 2º ao 5º pavimentos.

: 2. Taxa de ocupação do 1º pavimento desde que para uso comercial e/ou garagem.

3. Taxa de ocupação máxima do 3º ao 10º pavimentos.

4. Taxa de ocupação máxima do 1º e 2º pavimento desde que para uso comercial e/ou garagem.

5. Gabarito máximo para edificação em vias sem saída e vias de pedestres.